

ANNALEN
PHYSIK
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XCI.

J. C. BÖHLENDORFF.

ERSTEN THEIL.

LEIPZIG, 1861.

UNIVERSITY LIBRARY
UNIVERSITY OF MICHIGAN

ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

von

J. C. POGGENDORFF.

ERSTER BAND.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1854.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ИЗДАНИЯ

1880

К И С И Н

1880

СИМЕН

СИМЕН СИМЕНС И КО. АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

1880

УСЛОВИЯ ПОДАЧИ ЗАЯВЛЕНИЯ

СИМЕН СИМЕНС И КО. АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ПРИМЕЧАНИЕ КОМПАНИИ ОДНОЙ ИЗ ТРЕТЬЕЙ МОЛДОВЫХ ПОД

СИМЕН СИМЕНС И КО. АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ФЕВРАЛЯ 1880

СИМЕН СИМЕНС И КО. АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

Band XCI.

In h a l t

des Bandes XCI der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

	Seite
I. Ueber das Gesetz der Induction bei paramagnetischen und diamagnetischen Substanzen; von J. Plücker.	1
II. Theorie des elektrischen Rückstandes in der Leidner Flasche; von R. Kohlrausch.	56
III. Die Gründzüge eines thermo-chemischen Systems; von J. Thomsen.	83
IV. Ueber die Anwendung des Cyankaliums in der analytischen Chemie; von H. Rose.	104
V. Herleitung der Fresnel'schen Reflexionsformeln; von A. Beer.	115
VI. Ueber die beim Ausströmen der Luft entstehenden Töne; von C. Sondhaus.	126
VII. Ueber zwei merkwürdige Pseudomorphosen von Kalkspath und Eisenglanz; von G. Rose.	147
VIII. Resultate von Messungen an Rutil- und Bleivitriolkristallen; von N. v. Kokscharow.	154

IX. Ueber die Aenderung der Brechbarkeit des Lichts; von G. G. Stokes.	158
<i>(Geschlossen am 29. December 1853.)</i>	

Zweites Stück.

I. Ueber die in der galvanischen Kette an der Gränze zweier Leiter entwickelte Wärme und Kälte; von M. L. Frankenheim.	161
II. Theorie des elektrischen Rückstandes in der Leidner Flasche; von R. Kohlrausch (Schluß).	179
III. Ueber die beim Ausströmen der Luft entstehenden Töne; von C. Sondhaus (Schluß).	214
IV. Erwiederung auf die Bemerkungen von Hrn. Clausius; von H. Helmholtz	241
V. Die mechanische Arbeit, welche zur Erhaltung eines elektrischen Stroms erforderlich ist; von C. Holtzmann.	260
VI. Ueber die Herleitung der Formel für die Totalreflexion nach Fresnel und Cauchy; von A. Beer.	268
VII. Ueber die Dispersion der Hauptschnitte zweiaxiger Krystallplatten, so wie über die Bestimmung der optischen Axen durch Beobachtung der Hauptschnitte; von Demselben.	279
VIII. Ueber das Zerfließen und Verwittern der Salze; von P. Kremers.	283
IX. Versuch einer Erklärung der Ausdehnung der Körper durch die Wärme; von A. Fick.	287
X. Ueber die Neeff'sche Lichterscheinung; von P. Rieß.	290
XI. Verbesserte Construction eines Apparats zur Erläuterung verschiedener Erscheinungen bei rotirenden Körpern; von G. Magnus.	295
XII. Ueber die Metallreflexion an gewissen nicht-metallischen Substanzen; von G. G. Stokes.	300

	Seite
XIII. Ueber Beobachtungen mit dem Schönbein'schen Ozonometer; von R. Wolf.	314
XIV. Ueber den Mimetosit (Kampylit) von Caldbeck-Fell in Cum- berland; von C. Rammelsberg.	316
XV. Notiz über das viergliedrige schwefelsaure Nickeloxydul; von F. E. Reusch.	317
XVI. Ueber die Fraunhofer'schen Linien; von J. C. Hensser. . . .	319
<i>(Geschlossen am 16. Februar 1854.)</i>	
III. Ueber die Wirkung des magnetischen und galvanischen Stroms auf die magnetischen Eigenschaften des Eisens; von J. C. Hensser. . . .	321
Drittes Stück.	
I. Ueber das Verhältniss, in welchem isomorphe Körper zusammen- krystallisiren, und den Einfluss desselben auf die Form der Kry- stalle; von C. Rammelsberg.	321
II. Ueber die Unterbrechung des Schließungsbogens der elektrischen Batterie durch einen Condensator; von P. Rieß.	355
III. Ueber Pseudomorphosen, nebst Beiträgen zur Charakteristik ei- niger Arten derselben; von Th. Scheerer.	378
IV. Ueber die Krystallform des künstlichen Schwefelwismuths; von G. Rose.	401
V. Untersuchung über das Wismuth; von R. Schneider. . . .	404
Dritte Abhandlung. Ueber das auf trocknem Wege dar- gestellte Wismuthsulfuret.	
VI. Ueber die Gesetze der Entwicklung von Wärme und mechanischer Kraft durch den Schließungsdrath der galvanischen Kette; von J. H. Koosen.	427
VII. Ueber die Verbindung des Wassers bei chemischen Verbindun- gen; von H. Rose (Fortsetzung).	452
13. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Was- ters mit der Thonerde.	

VIII

	Seite
VIII. Ueber die Bewegung eines Kreisels um seine Spitze; von F. J. Stamskert.	462
IX. Herleitung der Cauchy'schen Reflexionsformeln für durchsichtige Mittel; von A. Beer.	467
X. Die circulare Polarisation des Lichts durch chlorsaures Natron; von H. Marbach.	482
XI. Ueber den krystallisierten Skorodit von einem neuen Fundort; von N. v. Kokscharow.	488
XII. Oberflächenänderung der Guttapercha; von P. Rieß.	489
XIII. Versuche über die künstliche Erzeugung von Polychroismus in krystallisierten Substanzen; von H. de Sénaumont.	491
XIV. Vom Aluminium und seinen chemischen Verbindungen; von H. Sainte-Claire Deville.	494
XV. Aus einem Schreiben des Professors Langberg in Christiania.	495

(Geschlossen am 25. März 1854.)

Viertes Stück.

I. Ueber die Dispersion der Elasticitätsaxen in einigen zwei- und eingliedrigen Krystallen; von J. Ch. Heusser.	497
II. Ueber die Gesetze der Entwicklung von Wärme und mechanischer Kraft durch den Schließungsdrath der galvanischen Kette; von J. H. Koosen (Schluss).	525
III. Beschreibung einer elektromagnetischen Maschine; von Dem-selben.	552
IV. Ueber die Cauchy'schen Näherungsformeln für Metallreflexion; von A. Beer.	561
V. Ueber die Einwirkung des Kochsalzes bei der Bildung der Mineralien; von J. G. Forchhammer.	568
VI. Ueber das Taschenbarometer; von C. Brunner von Wat-tenwyl.	585

	Seite
VII. Beitrag zur Erklärung der Farben der Polarisationsbüschel durch	
Beugung; von W. Haidinger	591
Nachschrift	598
VIII. Ueber einige Stellen in der Schrift von Helmholtz »über die	
Erhaltung der Kraft«, zweite Notiz; von R. Clausius	601
IX. Ueber Höhlungen im Bernstein mit Gasen und Flüssigkeiten;	
von D. Brewster	605
X. Ueber eine merkwürdige mit Flüssigkeit gefüllte Höhlung im	
Topas; von Demselben	607
XI. Resultate zweijähriger Beobachtungen über Luft-Elektricität; von	
F. Dellmann	608
XII. Ueber die Dauer des Lichteindrucks; von H. Emsmann	611
XIII. Ueber die Darstellung von metallischem Chrom auf galvanischem Wege. Aus einem Briefe des Prof. Bunsen	619
XIV. Älteste Nachricht über Ozon; von F. Mohr	625
XV. Meteorsteinfall unweit Mező-Madaras in Siebenbürgen	627
XVI. Bemerkung zu J. Regnault's Methode, die elektromotorische	
Kraft galvanischer Ketten zu bestimmen	628

(*Geschlossen am 12. April 1854.*)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Plücker, Fig. 1, S. 36; Fig. 2, S. 43.
 Taf. II. — Kohlrausch, Fig. 1, S. 206; Fig. 2, S. 59; Fig. 3, S. 70. — Sondhaufs, Fig. 4, S. 129; Fig. 5, S. 130 u. 133; Fig. 6, S. 220; Fig. 7, 8 u. 9, S. 134; Fig. 10 u. 11, S. 135 u. 215; Fig. 12, S. 220; Fig. 13, 14 u. 15, S. 234; — G. Rose, Fig. 16, S. 149; Fig. 17, S. 150; Fig. 18, S. 153. — Kokscharow, Fig. 19 u. 20, S. 158; Fig. 21 u. 22, S. 155.
 Taf. III. — Thomsen, Fig. 1 u. 2, S. 83. — Frankenheim, Fig. 3, S. 163; Fig. 4, S. 165 (diese Figuren sind im Texte irrtümlich mit 1 und 2 bezeichnet). — Stamkart, Fig. 5, S. 462; Fig. 6, 7, 8 u. 9, S. 465. — Brewster, Fig. 10, S. 606, Fig. 11, S. 607. — Magnus Fig. 12 u. 13, S. 295.
 Taf. IV. — G. Rose, Fig. 1, 2 u. 3, S. 402. — Koosen, Fig. 4, S. 450; Fig. 5 u. 6, S. 451; Fig. 7^a u. 7^b, S. 547. — Koosen, Fig. 8^a u. 8^b, S. 553; Fig. 9, S. 554. — Marbach, Fig. 10, S. 483; Fig. 11 — 16, S. 484. — Brunner, Fig. 17, S. 587.
 Taf. V. — Heusser, Fig. 1, S. 499; Fig. 2 u. 3, S. 503; Fig. 4, S. 504; Fig. 5, S. 505; Fig. 6, S. 504; Fig. 7, S. 507; Fig. 8, S. 511; Fig. 9, S. 512; Fig. 10, S. 517. — Haidinger, Fig. 11, S. 592; Fig. 12, S. 593; Fig. 13, S. 594; Fig. 14, S. 595.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz von Ångström, Bd. 88.

S. 170 Z. 17 v. u. lies $25^{\circ}\frac{1}{2}$ statt $15^{\circ}\frac{1}{2}$.

Druck- und Schreibfehler in den Aufsätzen von Dellmann.

Bd. 86, S. 533, Z. 19 von oben lies Störungen statt Strömungen
 Bd. 89, S. 259, Z. 16 v. o. lies erschien statt schien
 Bd. 89, S. 262, Z. 7 v. o. lies desselben statt derselben
 Bd. 89, S. 262, Z. 14 v. u. lies ihr statt ihn
 Bd. 89, S. 266, Z. 14 v. o. lies isolirenden statt leitenden
 Bd. 89, S. 266, Z. 17 v. o. lies besser statt schlechter
 Bd. 89, S. 269, Z. 14 v. o. lies Resultate der statt Resultate, den
 Bd. 89, S. 625, Z. 5 v. u. lies meinem statt mein

I. *Ueber das Gesetz der Induction bei paramagnetischen und diamagnetischen Substanzen¹⁾;*
con Plücker.

§. 1.

Theoretisches.

1. Nachdem Hr. Faraday durch eine neue Reihe von Experimental-Untersuchungen dem Magnetismus die Bedeutung einer allgemeinen Naturkraft und ihm zum Begleiter den Diamagnetismus gegeben hatte, lag der Gedanke nahe, in analoger Weise, wie das specifische Gewicht der Körper durch Zahlen ausgedrückt wird, so auch durch Zahlen den specifischen Magnetismus der verschiedenen (paramagnetischen und diamagnetischen) Körper unabhängig von Grösse und Gestalt derselben auszudrücken²⁾. Hiernach würde für jeden Körper der specifische Magnetismus eine charakteristische Constante, wie es das specifische Gewicht ist. Dieses letztere bleibt unverändert dasselbe, wenn, für verschiedene Punkte der Erde, die Anziehungskraft derselben sich ändert; es würde auch dann dasselbe bleiben, wenn wir die Bestimmung derselben auf einem andern Planeten machen könnten. Indem wir nämlich das Gewicht des Wassers bei gegebenem Volumen als Einheit nehmen, und damit das Gewicht der andern Körper bei gleichem Volumen verglichen, kommt es nicht

1) Die Resultate dieser Abhandlung sind bereits der Britischen Association zu Hull am 12. Sept. vorgelegt worden und so bereits in ausländische Journale übergegangen.

2) Ueber Intensitätsbestimmung der magnetischen und diamagnetischen Kräfte. 10. Juni 1848. Annalen Bd. LXXIV. S. 321.

darauf an, unter welchen Gravitäts-Verhältnissen die Gewichts-Bestimmungen gemacht werden, vorausgesetzt nur, dass jene Verhältnisse für alle Körper dieselben seyen. Die Gravitation wird dabei eliminiert, specifisches Gewicht und Dichtigkeit werden identische Begriffe. Als geringere oder grössere Annäherung gilt Analoges auch für den specifischen Magnetismus der meisten Körper. Sobald er nicht, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen und zwischen diesen wenigstens annäherungsweise, von der Grösse der inducirenden Kraft unabhängig ist, kann eigentlich von einem specifischen Magnetismus in obigem Sinne keine Rede mehr seyn.

2. Die Wärmemenge, die einem Körper zugeführt werden muss, um eine bestimmte Temperatur-Erhöhung desselben hervorzubringen, ist verschieden nach der Temperatur, die der Körper bereits hat. Die specifische Wärme eines Körpers ist kein ganz absoluter Begriff, sie wird durch eine Zahl ausgedrückt, die von der Temperatur des Körpers abhängt. In ganz gleicher Weise ist das Vermögen einer Substanz neuen Magnetismus anzunehmen abhängig von dem bereits angenommenen Magnetismus und hiernach *der specifische Magnetismus Function der Grösse der inducirenden Kraft*.

3. Ich habe in dem Nachstehenden meine bisherige Anschauung festgehalten, dass der Zustand der verschiedenen Körper, bei paramagnetischer und diamagnetischer Erregung, ein vollkommen identischer sey. Nur wenn wir auf die Induction, welche diesen Zustand hervorruft, zurückgehen, ergiebt sich ein Gegensatz in der auftretenden Polarität. In dem Falle diamagnetischer Substanzen leitet sich aus ihrer *Abstossung* durch den inducirenden Magneten, ebenso der specifische Magnetismus ab, wie dieses in dem Falle paramagnetischer Substanzen aus ihrer *Anziehung* durch den inducirenden Magneten geschieht.

4. Ein indirekter Beweis der obigen Behauptung, dass der specifische Magnetismus der Körper mit der Stärke der Induction sich ändere und zwar, für verschiedene Sub-

stanzen, in verschiedener Progression, liefern die vielen zum Theil überraschenden Beobachtungen, auf welche ich zuerst die Aufmerksamkeit der Physiker gelenkt habe, in welchen, bei wachsender Kraft des inducirenden Magneten, gewisse Körper, die aus paramagnetischen und diamagnetischen Substanzen gemengt sind, anfangs angezogen, dann abgestossen werden. Für die beobachteten Fälle steht es unumstößlich fest, *dafs die Abstossung der diamagnetischen Substanzen rascher bei zunehmender Kraft wächst und also auch rascher bei abnehmender Kraft sich vermindert, als die Anziehung der magnetischen Substanzen.* Es ist dieses ein *mathematischer Ausdruck* für die beobachtete Erscheinung, wobei nur die, bei manchen der angezogenen Versuche unzweifelhafte, Voraussetzung gemacht wird, dass die paramagnetische Erregung der einen Substanz und die diamagnetische der andern keine gegenseitige Einwirkung auf einander ausüben.

5. In meiner theoretischen Auffassung habe ich dieses Gesetz keinesweges als *eine Unterscheidung zwischen paramagnetischen Substanzen und diamagnetischen* angesehen. Zwei kreuzweise verbundene Stäbe, der dikkere von Stahl, der dünneren von Eisen, so aufgehängt, dass sie in der Horizontal-Ebene frei schwingen können, richten sich, bei zunehmender inducirender Kraft (bei allmälicher Annäherung an einen starken Magneten) anfänglich nach der Axe des Eisenstabes, später nach der Axe des Stahlstabes. Beim Stahle nimmt der *inducirte Magnetismus in rascherem Verhältnisse zu und ab als beim Eisen.* Wir werden sehen, wie diese Analogie der allgemeinen Erklärung der fraglichen Erscheinungen wenig förderlich war.

6. Um das mathematische Gesetz der 4. Nummer zu einem physikalischen umzugestalten, können wir nur Hypothesen setzen, die um so mehr Grund gewinnen, je einfacher sie die verschiedenen Beobachtungen mit einander verknüpfen. Die Hypothese, welche am nächsten liegt, ist anzunehmen, dass der *inducirte Magnetismus dem induci-*

renden proportional sey, dass beide sich zu einander wie Ursach und Wirkung verhalten. Bezeichnen wir demnach die Intensität des inducirenden Magneten durch M , so ist die Intensität des in einem genäherten Körper inducirten Magnetismus

$$\lambda M$$

und demnach die resultirende Anziehung oder Abstofzung also proportional dem Quadrate der Intensität des inducirenden Magneten.

7. Wenn die Voraussetzung zulässig ist, dass die inducirende Kraft von einem Punkte ausgeht und dann das Vorstehende auf die Einheit der Entfernung bezogen wird, so wird, bei der Entfernung r die inducirende Kraft $\frac{M}{r^2}$ within der inducirete Magnetismus

$$\frac{\lambda M^2}{r^2}$$

und die resultirende Anziehung oder Abstofzung

$$\frac{\lambda M^2}{r^4}$$

also umgekehrt der vierten Potenz der Entfernung proportional.

8. Wir wollen zuerst annehmen, dass der angewandte Magnet von unveränderlicher Kraft sey und dass gleiche kleinste Massentheilchen dm der in magnetischer Hinsicht zu untersuchenden Substanzen nach einander in dieselbe Lage gegen die Pole des Magneten gebracht werden. Dann können wir den in diesem Massentheilchen inducirten Magnetismus durch Ausdrücke von der Form $M\lambda dm$ darstellen. In diesen Ausdrücken ändert sich, von einer Substanz zu einer andern, der Werth von λ . Diesen Werth von λ wollen wir den jedesmaligen *Inductions-Coefficienten* nennen.

9. Wenn wir irgend eine Substanz zum Vergleichungspunkte nehmen, etwa das Eisen (wie bei der Bestimmung des specificischen Gewichts das Wasser), und den Inductions-

Coëfficienten für das Massentheilchen desselben durch λ bezeichnen, so ist der Quotient $\frac{\lambda}{\lambda'}$ der *specifische Magnetismus* des Massentheilchens der jedesmaligen Substanz. Derselbe Quotient ergiebt sich aber auch, wenn wir die magnetische Anziehung oder diamagnetische Abstossung des Massentheilchens der zu untersuchenden und der ein für alle Mal zur Vergleichung gewählten Substanz, ausgedrückt durch

$$M^2 \lambda dm \quad M^2 \lambda' dm,$$

in einander dividiren.

10. Wenn der Inductions-Coëfficient für alle Massentheilchen eines dem Magneten genäherten Körpers derselbe wäre und nun M , mit der Entfernung, sich änderte, so könnten wir den beiden Substanzen, der zu untersuchenden und der ein für alle Mal zur Vergleichung gewählten, dieselbe, übrigens ganz beliebige Form und Dimension geben und in dieselbe, ganz beliebige Lage gegen den Magneten bringen. Alsdann wäre der *specifische Magnetismus* der erstgenannten Substanz durch den Quotienten gegeben, den wir erhalten, wenn wir die beobachtete, in Gewichten ausgedrückte endliche Anziehung oder Abstossung dieser Substanz durch die Anziehung der andern dividiren.

11. Von dieser Voraussetzung bin ich in meiner Abhandlung von 1848 ausgegangen. Später, mit sehr vervollkommeneten Beobachtungsmitteln, habe ich, in eben dieser Voraussetzung, den *specifischen Magnetismus* des Sauerstoffgases bestimmt. Aber, von Anfang an, habe ich mich gegen die *absolute Richtigkeit* der obigen Voraussetzung — ohne welche überhaupt eine eigentliche Vergleichung der Fähigkeit verschiedener Substanzen, Magnetismus aufzunehmen, nicht stattfinden kann und der Begriff des *specifischen Magnetismus* keine allgemeine Bedeutung mehr hat — verwahrt. Es liegt mir zunächst ob, auf neue Beobachtungen gestützt, dieser Verwahrung ihre volle Entwicklung zu geben, wodurch, wie ich glaube, die bishe-

rige Auflösung der magnetischen und diamagnetischen Erscheinungen eine wesentliche Umgestaltung erleiden wird.

12. Die Frage über die Constantz des Inductions-Coëfficienten λ knüpft sich an die Discussion der beiden Gesetze der 6ten und 7ten Nummer, namentlich des ersten. Diese Gesetze müssen nothwendiger Weise fallen, sobald der Coëfficient λ nicht von M , der Intensität der magnetischen Wirkung, unabhängig ist. Wenn diese Unabhängigkeit nicht besteht, so folgt daraus, dass in demselben Körper der Werth von λ sich auch mit der Lage des Massentheilchens gegen den Magneten ändert. Dann ist, wenn wir überhaupt voraussetzen dürfen, dass die ganze inducirende Wirkung von einem einzigen Punkte ausgehe, in dem Integral

$$M \int \frac{\lambda dm}{r^2}$$
, welches den in einem gegebenen Körper hervorgerufenen Magnetismus ausdrückt, λ Function von r . Hierin liegt ein nicht ganz zu beseitigender Fehler, wenn wir aus der beobachteten Anziehung oder Abstofzung, welche der Magnet auf Körper von endlichen Dimensionen ausübt, die Aenderungen, die der Werth von λ erleidet, ableiten wollen.

13. Die nächste Schwierigkeit für die Discussion des Gesetzes der 6. Nummer liegt in der Uumöglichkeit, die Intensität der magnetischen Kraft, welche die inducirende Wirkung ausübt, anders als in der Annahme, dass, für eine Substanz wenigstens, λ constant sey, direct zu messen. Und indirekte Messungen, indem man den Magneten unter der Einwirkung einer constanten magnetischen Kraft, des Erdmagnetismus zum Beispiel, schwingen lässt, reichen, wenn sie überhaupt anwendbar sind, bei starker Wirkung nicht aus. In dem folgenden Verfahren wird diese Schwierigkeit eliminiert.

14. In einer Rinne, nach dem magnetischen Meridiane gerichtet, sind zwei möglichst gleiche Magnete von gehärtetem Stahle verschiebbar, zwischen welchen, in der ge-

meinschaftlichen Axenrichtung derselben, ein kleines Eisenstäbchen an einem Faden aufgehängt ist, das, wenn es unter dem Einflusse der beiden Magnete, oder eines derselben magnetisch wird, um die Gleichgewichtslage frei schwingen kann. Nachdem die Anzahl der Schwingungen n , die es unter der Einwirkung eines der beiden Magnete, in einer gegebenen Zeit macht, bestimmt worden ist, wird dieser Maguet fortgenommen und, auf der andern Seite des Stäbchens, der andere Magnet mit dem entgegengesetzten Pole so lange genähert, bis das Stäbchen wieder dieselbe Anzahl von Schwingungen macht und also, bei gleicher Polarität, eben so stark magnetisch geworden ist, als zuvor. Wenn man hiernach beide Stahlmagnete zugleich auf das Stäbchen wirken lässt, so befindet es sich unter der doppelten inducirenden Kraft. Dann verlangt das obige Gesetz, dass der inducirete Magnetismus doppelt, die Anziehung viermal so gross sey. Es müfste also das Stäbchen in derselben Zeit 16 n Schwingungen machen. (Bei einiger Entfernung darf wohl angenommen werden, dass die möglichst stark magnetischen Stahlstäbe nicht merklich inducirend auf einander wirken, was übrigens leicht, indem man die Stäbe, unter dem Einflusse des Erdmagnetismus, schwingen lässt, sich verificiren lässt).

15. Dieser Versuch ist einstweilen nur mit Herrn Fessel besprochen, nicht ausgeführt. Ich bin aber, auf Grund der später anzuführenden Versuche im Voraus überzeugt, dass die zu beobachtende Anzahl der Schwingungen hinter der bezeichneten Anzahl, die nur als ein Gränzwerth anzusehen ist, zurückbleiben wird und dass also die doppelte inducirende Kraft nicht den doppelten Magnetismus im Eisenstäbchen hervorruft. Wir müssen in diesem Stäbchen einen *Widerstand*¹⁾ annehmen, welcher der Hervorrufung des Magnetismus in demselben sich widersetzt.

1) Ich gebrauche hier das Wort »Widerstand« in demjenigen Sinne, in welchem man dieses Wort sich bedienen würde, wenn man den Magnetismus als Bewegung auffaßt, der sich Hemmisse irgend einer Art entgegenstellen; sehe hierin aber ein bloses Bild, dem wir unsere

Ersetzen wir das Eisenstäbchen durch ein ganz gleiches Stäbchen von Nickel, Kobalt, Magneteisenstein, so erhalten wir, bei einfacher Kraft, eine andere magnetische Intensität und, bei verdoppelter Kraft, ein anderes Zurückbleiben gegen die 16 *n*-fache Schwingungszahl: einen anderen Widerstand.

16. Ich habe bei diesem Versuche hier ausführlicher verweilt, um die Frage bestimmter zu formuliren, und wende mich nun zu den Versuchen mit dem grossen Elektromagneten zurück. Mein Verfahren, den Magnetismus der verschiedenen Substanzen zu bestimmen, weicht nicht wesentlich von dem, früher von mir befolgten und beschriebenen ab. Ich bediene mich einer Geissler'schen Glaswaage, welche recht gut eine Belastung von 60—80 Gramm auf jeder Seite verträgt und für ein Zehntel-Milligramm noch einen namhaften Ausschlag giebt, um die Anziehung, welche der Elektromagnet nach einander auf verschiedene Substanzen ausübt, die genau denselben Raum ausfüllen und genau in dieselbe Lage gegen den Magneten gebracht werden, zu bestimmen. Die von mir untersuchten Substanzen sind sämtlich entweder gasförmig oder flüssig, oder, wenn sie fest sind, in möglichst feines Pulver zertheilt und in diesem letztern Falle, wenn die Anziehung zu stark ist, mit einer Mischung von Schmalz und etwas Wachs innigst verrieben. Sie werden nach einander in dasselbe Glasgefäß gebracht und dieses genau in gleicher Weise damit angefüllt. Die Form des Glases, von möglichst dünner Wandung, ist entweder die Kugelform oder eine solche, welche, bei einer geringern Masse der zu prüfenden Substanz, durch die grössere Annäherung derselben an die Pole, eine verhältnismässig stärkere Anziehung oder Abstösung giebt. In diesem letzteru Falle hat das Fläschchen einen längeren Hals, in dem ein leichter, mit einem Ringe zum Aufhängen verschener eingeschliffener Glasstöpsel möglichst

Ausdrucksweise anpassen. So lange müssen wir nothwendig eine solche bildliche Sprache reden, als wir in die eigentliche Natur des Magnetismus keinen Blick gehau.

genau passt. Für die Schmalzmischungen ist der Hals weiter und kurz, und um diesen wird, wenn es gefüllt und abgestrichen ist, ein dünner Kupferring befestigt und dieser durch drei dünne Kupferdrähte, die oben in einen einzigen zusammenlaufen, getragen.

17. Auf die Polflächen des grossen Elektromagneten werden die beiden schweren Halbunker so aufgelegt, dass sie mit ihren abgerundeten Enden einander bis auf 5",5 genähert und in dieser Entfernung durch ein dazwischen geklemmtes Messingstück festgehalten werden. Auf einem dieser Halbunker steht die Waage, an deren einem Arme das Glasgefäß so aufgehängt wird, dass es, wenn der Zeiger der Waage auf Null steht, die beiden Halbunker in denjenigen beiden Punkten ihrer oberen Flächen, die einander am nächsten liegen, berührt. Die Abwägungen geschehen nicht oberhalb der Pole und erst nachdem das Glasgefäß seitwärts äquilibriert worden, wird es durch eine Drehung der Waage über die Pole gebracht. Nachdem die Kette geschlossen, wird das Glasgefäß entweder angezogen oder abgestossen. Um die Anziehung zu bestimmen, werden auf die am anderen Arme der Waage hängende Schale kleine Gewichte so lange behutsam zugelegt, bis das Glasgefäß von dem Magneten abgerissen wird. Bei schwacher Wirkung wird, nach einer vorläufigen Bestimmung, ein Reuter von feinem Platindrahte, 0",01 schwer, auf einem der beiden, in 100 Theile eingeteilten, Arme der Waage vorsichtig bis zum Abreissen des Glases von den Polen fortgeschoben und dann differiren unmittelbar einander folgende Bestimmungen nicht um ein Milligramm. Bei stärkerer Wirkung (Füllung mit Eisenoxyd) ist eine grössere Genauigkeit als ein Centigramm in den einzelnen Bestimmungen nicht erstrebt worden. Durch die dadurch bedingte längere Schließungsdauer des Stromes würde mehr verloren als durch eine grössere Genauigkeit in der Bestimmung des zum Abziehen erforderlichen Gewichtes gewonnen. Wo die Wirkung am stärksten ist (bei starkem Strome und einer Füllung mit einer etwa ein Proc. Eisen

enthaltenden Schmalzmischung) kommen selbst mehrere Centigramm auf eine Anziehung von 40" und mehr nicht in Betracht. Nach jeder Bestimmung wird die Kette geöffnet.

18. Was die Bestimmung der *Abstossung* diamagnetischer Substanzen betrifft, so ist das Verfahren ganz daselbe, so lange der Diamagnetismus der Füllung geringer ist, als der schwache Magnetismus des Glasgefäßes. Dann ist die Anziehung des leeren Glases grösser als die Anziehung des gefüllten, und wir müssen, umgekehrt wie früher, um die Abstossung zu erhalten die letztere Anziehung von der ersten abziehen. Wenn hingegen die diamagnetische Abstossung der Substanz die magnetische Anziehung des Glasgefäßes überwiegt, wird dieses letztere, wie bisher, über den Polen ajustirt und Gewichte werden so lange von der Waagschale fortgenommen, bis, nach Schliessung der Kette, der Elektromagnet nicht mehr im Stande ist, das aufliegende Glasgefäß abzustossen. Hier thut der Reuter wiederum seine guten Dienste. Unter günstigen Verhältnissen (beim Phosphor zum Beispiel), wenn namentlich die Waage nicht übermäßig belastet ist, weichen auch hier auf einander folgende Bestimmungen nicht um ein Milligramm ab; unter ungünstigen Umständen steigt diese Abweichung höchstens auf ein Centigramm. Im Jahre 1848 habe ich die Bestimmung der diamagnetischen Abstossung, auch wenn sie stärker ist, durch Hinzufügung eines magnetischen Körpers auf die zuerst bezeichnete zurückgeführt, seitdem aber die Vorzüge des neueren Verfahrens erkannt.

19. Nach der, in den letzten Nummern beschriebenen Methode habe ich im Laufe der letzten Jahre eine grosse Menge von Bestimmungen gemacht, theils in der Absicht, Analogien zwischen dem magnetischen Verhalten der Körper und ihrer chemisch-atomistischen Zusammensetzung aufzufinden, theils zur Aufstellung eines allgemeinen Gesetzes der magnetischen Induction. Während ich die in der ersten Absicht gemachten Bestimmungen einer zweiten Mit-

theilung vorbehalte, werde ich, im zweiten Paragraphen der gegenwärtigen, die Resultate derjenigen Beobachtungen mittheilen und discutiren, die sich auf den zweiten Gegenstand beziehen und welche beweisen, dass der inducirete Magnetismus der Intensität des inducirenden Magneten nicht proportional wächst, sondern *dass, nach der Natur der verschiedenen Körper, dieses Wachsen einerseits einer solchen Proportionalität sich annähert, andererseits aber bald aufhört überhaupt merklich zu seyn.*

20. Wir erhalten auf diese Weise die volle experimentale Begründung für die frühere Behauptung, dass wir einen Widerstand annehmen müssen, welcher sich der zunehmenden Magnetisirung eines Körpers immer mehr widersetzt und demzufolge wir den in einem Massentheilchen dm inducirten Magnetismus der inducirenden Kraft M proportional setzen und durch

$M\lambda dm$ ausdrücken können. Innerhalb engerer oder weiterer Gränzen können wir diesen Widerstand annäherungsweise einer nten Potenz des ohne ihn erregten Magnetismus proportional setzen und erhalten dann, statt des obigen Ausdrückes den folgenden:

$$(M\lambda - \mu M^{\alpha} \lambda^{\alpha}) dm = M\lambda (1 - \mu M^{\alpha-1} \lambda^{\alpha-1}) dm.$$

Es ist hierbei M eine Function der Entfernung des Massentheilchens dm von denjenigen Punkten, von welchen die inducirenden Kräfte ausgehen. Wenn sich diese auf eine von einem einzigen Punkte ausgehende Kraft reduzieren lassen, so können wir M durch den Ausdruck $\frac{m}{r^2}$ ersetzen, wobei r die Entfernung des Massentheilchens von dem Mittelpunkte der Kraft und m eine Constante bezeichnet.

21. Die Constante λ haben wir oben bereits den Inductions-Coëfficienten genannt, wir wollen μ' den Widerstands-Coëfficienten nennen. Also nur in sofern wir $\mu(M\lambda^{\alpha-1})$ gegen die Einheit vernachlässigen können, bestimmen die

Werthe des Inductions-Coëfficienten λ' den specischen Magnetismus der verschiedenen Substanzen.

22. Wenn $n = 1$, das heifst, wenn der Widerstand einfach dem inducirten Magnetismus proportional wäre, so reducirte sich der Werth der Inductions-Constanten dadurch auf $(1 - \mu)\lambda$ und wir brauchten keinen Widerstand anzunehmen. Jede Substanz hätte dann ihren bestumten specischen Magnetismus, ganz unabhängig von der Grösse der inducirenden Kraft. Es widerspricht dies geradezu unseren Beobachtungen.

23. Wenn $n = 0$, das heifst wenn ein constanter Widerstand μ zu überwinden wäre, so müfsten wir annehmen, dass erst wenn

$$M > \frac{\mu}{\lambda}$$

Inductions-wirkung einträte und diese, wenn sie einmal eingetreten wäre, rascher als M zunähme, nämlich proportional mit $(M - \frac{\mu}{\lambda})$. Wenn wir aber auch das Erste als noch nicht entschieden widerlegt ansehen wollten, unsere Beobachtungen geben gerade das Gegenthell des Zweiten. Einen solchen constanten Widerstand entnahm ich früher aus Analogien, denen ich sonst aber keine Bedeutung beilegte und in der Sprache dieser Analogien müfste ich damals, als die neuen Bestimmungen noch nicht vorlagen, sagen »weil der inducirte Magnetismus diamagnetischer Substanzen mit der inducirenden Kraft rascher zunimmt als beim Eisen, ist der Widerstand bei erstern grösser als beim letztern.« Hier bot sich das Verhalten des Stahles zum Eisen als Analogie des Verhaltens des Wismuths zum Eisen dar.

Der Werth von λ ist von einer Substanz zur anderen veränderlich. Demnach müfsten wir auch, in der fraglichen Unterstellung, bei schwach paramagnetischen Substanzen die beobachtete schnellere Zunahme des inducirten Magnetismus als Folge eines verhältnissmässig grösseren Widerstandes erklären.

24. Es kann n also nicht Null seyn, es kann überhaupt nicht kleiner, es muss grösser als die Einheit seyn. Denn nur in dieser letzten Voraussetzung wächst die Intensität des inducirten Magnetismus langsamer als die inducirende Kraft. Nennen wir jene Intensität J , so giebt die Gleichung:

$$J = M \lambda (1 - \mu M^{-1} \lambda^{n-1}) dm, \quad (L)$$

wenn wir differentieren

$$\frac{dJ}{dM} = (\lambda - n \mu \lambda^n M^{-n}) dm$$

und dieser Ausdruck wird, je nachdem $n < 1$ oder $n > 1$ bei zunehmendem M , im ersten Falle kleiner im zweiten grösser. Und somit sind wir gezwungen anzunehmen, dass bei dem magnetischen Eisen der Widerstand verhältnismässig grösser ist, als bei dem diamagnetischen Wismuth. So hat, indem die eine physikalische Auffassung an die Stelle der anderen getreten ist, das an und für sich unumstössliche Gesetz der 4. Nummer, eine Aussage erhalten, die der früheren *geradesu widerspricht*. Eine Analogie finden wir in dem Brechungsgesetz des Lichtes, welches als mathematischer Ausdruck für die Resultate der Beobachtung unangetastet geblieben ist; in der Undulationstheorie wird daraus der physikalische Satz abgeleitet, dass in dichteren Medien das Licht sich langsamer bewegt, während die Emissionstheorie früher gerade das Umgekehrte daraus folgerte.

25. Es ist also $n > 1$. Der Annahme, dass $n = 2$, steht entgegen, dass, wenn M durch Null hindurchgeht, die Polarität des inducirenden Magneten sich ändert und nachher, bei umgekehrter Polarität, sich Alles in gleichem Maafse wiederholt. Dem entsprechend dürfen in dem Ausdrucke für J , wenn wir ihn nach steigenden Potenzen von M entwickeln, nur die ungeraden Potenzen vorkommen. Demnach werden wir, indem wir $n = 3$ nehmen, auf die folgende Gleichung geführt

$$J = \lambda M (1 - \mu \lambda^3 M^2) dm \quad (II.)$$

und erhalten hiernach, wenn wir die Anziehung A nennen und durch z eine Constante bezeichnen, die von der Einheit abhängt, durch welche wir diese Anziehung messen

$$A = z \lambda M^2 (1 - \mu \lambda^2 M^2) dm. \quad (\text{III.})$$

26. Innerhalb derselben Gränzen, innerhalb welcher die vorstehenden Annäherungs-Gleichungen gelten, können wir dieselben, nach gehöriger Constanten-Bestimmung, auch mit den folgenden vertauschen

$$J = k \operatorname{arc} \left(\operatorname{tang} = \frac{M}{c} \right) dm \quad (\text{IV.})$$

$$A = z M k \operatorname{arc} \left(\operatorname{tang} = \frac{M}{c} \right) dm. \quad (\text{V.})$$

Die Gleichung IV. giebt, unter Vernachlässigung der fünften und der höheren Potenzen von M ,

$$J = k \frac{M}{c} \left(1 - \frac{M^2}{3c^2} \right) dm$$

und stimmt mit der Gleichung II. überein, wenn wir

$$\lambda = \frac{k}{c}, \quad \mu = \frac{1}{3k^2}$$

setzen.

Bei paramagnetischen Substanzen ist λ und dem entsprechend k *positiv*, bei diamagnetischen *negativ* zu nehmen.

27. Die Kraft unseres Elektromagneten ist aber, bei der Art, wie wir uns desselben bedienen, und demnach ist auch der Werth von M zu gross, als dass wir bei den beiden ersten Gliedern der Entwickelung von J stehen bleiben könnten. Die Gleichungen II. und III. versagen hier den Dienst, wir müssen mehr Glieder hinzunehmen. Dagegen stellen die Gleichungen IV. und V., als Annäherungsformeln wenigstens, die Beobachtungen gut dar, wenn sie nicht das Gesetz der magnetischen Induction selbst wirklich ausdrücken. Die beiden Constanten k und c erhalten hierbei für jede besondere paramagnetische und diamagnetische Substanz besondere Werthe.

28. Welches auch die inducirende Kraft sey, welche in einer Substanz magnetische Polarität hervorruft, ob ein Magnetpol oder ein magnetischer Strom, sie findet in der-

selben Substanz, bei gleich stark erregtem Magnetismus, immer denselben Widerstand. Demnach ist die in einem Eisenkern durch verschiedene Stromstärken hervorgerufene magnetische Kraft durch dieselbe Formel auszudrücken. Es ist, wenn wir den erregten Magnetismus durch M , die Stromstärke durch J und durch K und C zwei Constante bezeichnen:

$$M = K \operatorname{arc} (\operatorname{tang} = \frac{s}{c}). \quad (\text{VI.})$$

Die Herren Lenz und Jacobi stellten zu einer Zeit, da genaue Beobachtungen noch unvergleichlich viel schwieriger waren als jetzt, das Gesetz auf, dass die Stromstärke dem inducirten Magnetismus proportional sey. Das würde die vorstehende Gleichung auf das erste Glied ihrer Entwicklung reduciren und

$$\frac{M}{K} = \frac{s}{c}$$

geben. Unsere späteren Beobachtungen berechtigen uns für unseren grossen Hufeisen-Elektromagneten als erste Annäherung, aber nur für schwächere Ströme, dasselbe anzunehmen.

29. Hier tritt uns nun zunächst die Frage entgegen, nach welcher Einheit wir, für einen gegebenen Elektromagneten, M messen sollen. Dadurch namentlich, dass die beiden Halbanker auf die Polflächen desselben aufgelegt und beliebig einander genähert werden, vergrößert sich gewissermaßen die inducire Eisenmasse und die gegenseitige Induction der beiden Pole wächst mit der Annäherung derselben. Es ist am natürlichsten anzunehmen, dass auch diese secundären Inductions-Wirkungen, wie es die ursprüngliche ist, der jedesmaligen Stromstärke annäherungsweise proportional seyen, und dass demnach, an welcher Stelle des Elektromagneten wir die Erregung nehmen mögen, diese mit dem Strome in gleichem Verhältnisse wachse, und wir also die Grösse dieser Erregung aus der Anziehung ableiten können, die der Elektromagnet auf ein Massentheilchen in einer festen, sonst aber ganz beliebigen Lage gegen denselben ausübt. Statt des einzelnen Mas-

sentheilchens nehmen wir eine Substanz, die den inneren Raum unseres Fläschchens ausfüllt, welches aufstehend, jeden der beiden in fester Entfernung gehaltenen Halbunker in einem einzelnen Punkte berührt. Wir machen hierbei nothwendig einen neuen Fehler (12), und wenn wir ein Fläschchen mit einem ähnlichen von verschiedener Form und verschiedenem Volumen, aber gefüllt mit derselben Substanz vertauschen, so ist die Zunahme der Anziehung bei wachsender Stromstärke eine andere. Doch geben die Beobachtungen diese Aenderung in der Zunahme so klein, dass auch jener Fehler nicht sehr bedeutend seyn kann.

30. Wir wollen die Stromstärke eines Grove'schen Elementes, das durch den langen Kupferdraht, der das Hufeisen umwindet, geschlossen ist, als Einheit nehmen. Dann giebt die Gleichung VI. für den bei dieser Stromstärke in dem Eisen inducirten Magnetismus

$$\frac{1}{K} = \text{arc} \left(\tan = \frac{1}{C} \right). \quad (\text{VII.})$$

Nach dem Vorstehenden messen wir denselben durch diejenige Kraft, die es auf das auf den beiden Halbunkern aufstehende Fläschchen ausübt. Diese Kraft nehmen wir als Einheit und in derselben Einheit müssen wir alsdann M in der allgemeinen Gleichung VI. ausdrücken.

Wir können diese Gleichung und die vorstehende auch unter folgende Form bringen

$$\frac{s}{c} = \tan \left(\frac{M}{K} \right) \quad (\text{VIII.})$$

$$\frac{1}{c} = \tan \left(\frac{1}{K} \right) \quad (\text{IX.})$$

mithin kommt

$$s \tan \left(\frac{1}{K} \right) = \tan M \left(\frac{1}{K} \right)$$

und wenn wir zu Logarithmen übergehen

$$\log \tan \left(\frac{1}{K} \right) + \log s = \log \tan M \left(\frac{1}{K} \right) \quad (\text{X.})$$

Wir können leicht durch Hülfe der Tafeln einen Bogen finden, dessen Tangentenlogarithmus um die Grösse $\log s$

$\log S$ wächst, wenn er selbst den M fachen Werth erhält. Dieser Bogen ist dann die Constante $(\frac{1}{K})$, wonach die Gleichung IX, sogleich die zweite Constante $\frac{1}{C}$ gibt.

Stromstärke und inducirter Magnetismus sind hier, in Gemässheit der Bestimmung der beiderseitigen Einheiten, beide zugleich Eins. Kennen wir außerdem noch irgend zwei zusammengehörige Werthe von M und S , so ist die Bestimmung der beiden Constanten der allgemeinen Gleichung VI. vollständig.

31. Nach diesen vorläufigen Erörterungen wenden wir uns zu unserer eigentlichen Aufgabe zurück: zur Bestimmung des in einem beliebigen Körper durch unseren starken Elektromagneten hervorgerufenen Magnetismus.

An der Stelle der Gleichungen III. und IV. treten nun die folgenden

$$\frac{J}{k} = \operatorname{arc \tan} \left(\frac{M}{c} \right) \quad (\text{XI.})$$

$$\frac{A}{z \cdot k \cdot M} = \operatorname{arc \tan} \left(\frac{M}{c} \right) \quad (\text{XII.})$$

welche wir auch folgengestalt schreiben können:

$$\frac{M}{c} = \operatorname{tang} \frac{J}{k} \quad (\text{XIII.})$$

$$\frac{M}{c} = \operatorname{tang} \frac{A}{z \cdot k \cdot M} \quad (\text{XIV.})$$

In dieser letzten Gleichung sey A in Grammen ausgedrückt und bei der Anwendung eines Grove'schen Elementes, also für $M = 1$, $\frac{A}{z}$ ebenfalls der Einheit gleich. z ist also dieselbe Anziehung in Grammen ausgedrückt. Dann kommt

$$\frac{1}{c} = \operatorname{tang} \frac{1}{k} \quad (\text{XV.})$$

und wenn wir überhaupt $\frac{A}{z} = P$ setzen

$$\frac{M}{c} = \operatorname{tang} \left(\frac{P}{M} \right) \left(\frac{1}{k} \right) \quad (\text{XVI.})$$

Analog wie oben bestimmt sich also auch hier, wenn wir au-

fser der Einheit noch irgend zwei sich entsprechende Werthe von M und P kennen, durch die logarithmische Gleichung:

$$\log \tan \left(\frac{1}{k} \right) + \log M = \log \tan \left(\frac{P}{M} \right) \left(\frac{1}{k} \right) \quad (\text{XVII.})$$

die Constante k und dann durch die Gleichung (XV.) die andere Constante c .

Die Gleichungen (XI) und (XIII) sind dann vollkommen bestimmt; wir können sie auch unter den folgenden Formen schreiben:

$$J = \frac{\arctan \left(\tan = \frac{M}{c} \right)}{\arctan \left(\tan = \frac{1}{c} \right)} \quad (\text{XVIII.})$$

$$M = \frac{\tan \left(\frac{J}{k} \right)}{\tan \left(\frac{1}{k} \right)}. \quad (\text{XIX.})$$

32. Nach den vorstehenden Erörterungen gibt es für jede Substanz einen *Sättigungspunkt für Magnetismus*. Denn der größte Werth J_s , den J überhaupt annehmen kann, $M = \infty$ entsprechend, ist

$$J_s = \frac{k\pi}{2} = \frac{\pi}{2\sqrt{3}\mu}$$

wonach

$$\mu = \frac{\pi^2}{12 J_s^2}.$$

Die *Widerstands- Constante μ* (21.) bestimmt sich also lediglich durch den Sättigungspunkt und dieser durch jene.

33. Durch Differentiation der Gleichung (XI.) ergibt sich

$$\frac{dJ}{dM} = \frac{k}{c} \cdot \frac{c^2}{c^2 + M^2} = \frac{k}{c} \cos^2 \frac{J}{k}$$

und wenn wir insbesondere M und demnach auch J gleich Null setzen

$$\frac{dJ}{dM} = \frac{k}{c} = \lambda.$$

34. Der Begriff des *specifischen Magnetismus* einer Substanz hat, nach dem Vorstehenden, keine Bedeutung mehr, sobald wir nicht von einer constanten, ein für alle

Mal gegebenen inducirenden Kraft ausgehen. Er schwankt (9.), wenn diese Kraft von 0 bis ∞ wächst und wir k, λ, μ auf die jedesmalige Substanz, k', λ', μ' auf die zur Vergleichung genommene beziehen, und den spezifischen Magnetismus bei der Einheit der inducirenden Kraft σ nennen, zwischen den Gränzen:

$$\frac{\lambda}{\lambda'} \sigma \quad \text{und} \quad \frac{k}{k'} \sigma \equiv \sqrt{\frac{\mu'}{\mu}} \cdot \sigma.$$

Beobachtungen und numerische Resultate.

35. Da kein Mittel vorlag, die Kraft des Elektromagneten bei steigender Erregung zu messen, so war die Nothwendigkeit gegeben, zur Vergleichung der Stromstärke, welche zu dieser Erregung angewandt wurde, zurückzugehen. Aber auch dieses durch directe Messungen zu thun habe ich für unsere Zwecke nicht für angemessen gehalten, um so weniger bei der grofsen Stärke des Stromes. Denn um zu erkennen, ob, bei einer gegebenen Anzahl von stromerregenden Elementen, die magnetische Kraft dieselbe geblieben, ist die Bestimmung der Anziehung, welche auf ein und dasselbe, mit einer unveränderlichen Normalsubstanz, ein für alle Mal gefülltes Gefäß ausgeübt wird, nicht nur viel genauer, sondern es tritt auch noch der Umstand hinzu, dass die Art wie die Anker auf den Elektromagneten aufgelegt werden, einen eben so bedeutenden Einfluss auf die Grösse der wirksamen magnetischen Kraft ausübt, als die Stromstärke selbst, und von dieser unabhängig ist. Anfänglich habe ich die Stromerregung wachsen lassen durch Vermehrung der, zu einer Kette verbundenen, einzelnen Grove'schen Elemente. Dieses fordert die Bestimmung von Widerstands-Constanten, um nach dem Ohm'schen Gesetze, ohne weitere Messungen, die Stromstärke der, unter einander gleichen, zu einer Kette verbundenen Elemente bestimmen zu können. Da wir indefs hier nur eines einfachen, doppelten, dreifachen, vierfachen Stromes bedürfen, so können wir, mit Umgehung jeder Constanten-Bestimmung, nach dem Ohm'schen Gesetze dieses

einfach dadurch erreichen, dass wir einmal ein einziges Element, dann vier Elemente paarweise zu einer zwei-elementigen Kette, neun zu drei und drei zu einer drei-elementigen, sechszehn zu vier und vier zu einer vier-elementigen Kette verbinden.

36. Die Tröge wurden immer auf dieselbe Weise behandelt. Bei allen nachstehend mitzutheilenden Beobachtungen wurde frische käufliche Salpetersäure angewandt und die Schwefelsäure mit dem Zwölffachen ihres Volumens durch Wasser verdünnt. Die porösen Thongefäße (ich fand die Berliner allen anderen vorzuziehen) wurden, nach dem Gebrauche, einige Stunden in Wasser gelegt und dann ein paar Tage an der Lust getrocknet. Die Salpetersäure wurde zuerst in die Gefäße gegossen und diese wurden erst dann, wenn sie von derselben durchzogen waren, in die verdünnte Schwefelsäure gebracht.

Die Tröge wurden durchgehends zuerst zu der stärksten Kette verbunden und dann erst in schwächere Ketten und einzeln zur Stromerregung angewendet.

Auf diese Weise gab an verschiedenen Tagen ein einzelnes Element und dieselbe Kettenverbindung so übereinstimmende Resultate, dass die Abweichungen mehr vielleicht auf zufällige, nicht ganz zu vermeidende Fehler (namentlich auf das verschiedene Aufliegen des Glases auf den einander genäherten Halbunker, wenn dieses nicht die Kugelform hatte und, mit stark magnetischen Substanzen gefüllt, durch diese gerichtet wurde) kommen, als auf die verschiedene Erregung. Dadurch ist es uns zugleich gestattet, aus Versuchen, die zu verschiedener Zeit ange stellt wurden, ein Mittel zu nehmen.

37. Der Raum gestattet nicht, die grosse Anzahl der vorliegenden Beobachtungen vollständig mitzutheilen. Selbst die auf den vorliegenden Gegenstand unmittelbar bezüglichen sind noch zu zahlreich, als dass sie hier sämmtlich und in dem Zusammenhange, in welchem sie gemacht wurden, mitgetheilt werden könnten. Nur um ein Urtheil über die Beobachtungs-Methode möglich zu machen, theile

ich hier beispielsweise zwei vollständige Beobachtungsreihen, jedoch ohne alle Reductionen, mit.

Erste Beobachtungsreihe.

Viermal vier Tröge.

1. Fläschchen I. mit dem Normal-Eisenoxyd gefüllt, reißt ab bei einer Belastung von	14 ⁵ ,62
2. Fläschchen II. mit Nickeloxyd bei	17 ,18
3. Anziehung des leeren Fläschchens II ¹⁾	0 ,013
4. Fläschchen II. mit Wismuthpulver gefüllt im Gleichgewicht bei einer Belastung von	56 ,556
5. Geht ab von den Polen bei	55 ,32
6. Normalfläschchen	14 ,66
7. Fläschchen II. mit Wismuth	55 ,33

Dreimal drei Tröge.

8. Dasselbe Fläschchen II.	55 ,63
9. Normalfläschchen	13 ,72
10. Fläschchen II. mit Wismuth	55
11. Normalfläschchen	13 ,82
12. Fläschchen mit Wismuth	55 ,63

Zweimal zwei Tröge genommen von den übrigen sieben.

13. Dasselbe Fläschchen	56 ,07
14. Normalfläschchen	12 ,05
15. Fläschchen mit Wismuth	56 ,07
16. Normalfläschchen	12 ,06

Einzelne Tröge (die drei übrigen gaben fast ganz übereinstimmend).

17. Normalfläschchen	10 ,65
18. Fläschchen mit Wismuth	56 ,42

Die früheren dreimal drei Tröge.

19. Dasselbe Fläschchen	55 ,64
20. Normalfläschchen	13 ,74

Alle 16 Tröge als Kette.

21. Dasselbe Fläschchen	16 ,05
22. Fläschchen mit Wismuth	54 ,92

1) Diese Anziehung war bereits früher bei einfacher, doppelter und dreifacher Stromstärke gemacht worden.

Zweite Versuchsreihe.

38. Das Fläschchen II. war mit Phosphor gefüllt. Die drei anderen Fläschchen III., IV., V. enthielten eine Mischung von Schmalz und Wachs, mit der in vorher bestimmtem Verhältnisse (nahe 0,6 Proc.) Eisen, Kobalt, Nickel, in Form von feinstem Pulver, gleichmäßig verrieben worden war. Die Zahlen der folgenden Tabelle geben die auf einander folgenden Bestimmungen der Belastungen, bei welchen II. anfängt sich von den Polen zu lösen und III., IV., V. abgezogen werden. Gewicht des Gläschens mit Phosphor: 16^{gr},5432.

		Stromstärke =		Kette von 16 Elementen.
	1.	2.	3.	4.
Phosphor				16,322
Nickel				15,68
Kobalt				27,29
Eisen				28,85
"			25,06	
"		19,15		
"	12,95			
"	13,10			
"	12,96			
Kobalt			23,65	
"		18,50		
"	12,40			
"	12,41			
"	12,33			
Nickel			14,55	
"		12,72		
"	10,49			
"	10,52			
"	10,47			
Phosphor			16,386	
"		16,461		
"	16,521			
"	16,520			
"	16,521			
Nickel				16,294
Kobalt				16,83
Eisen				30,70
				33,45

39. Wir wenden uns nun zu einer Zusammenstellung der gewonnenen Resultate.

I. Eisenoxyd F.

Dieses Oxyd, chemisch rein von Dr. C. Stammer dargestellt, ist dasselbe, dessen ich mich früher, als Vergleichungspunktes, bei der Bestimmung des specifischen Magnetismus des Sauerstoffgases bedient habe. Das mit eingeschliffenen hohlen Glasstöpseln versehene Fläschchen I bleibt mit demselben fortwährend gefüllt und dient als »Normalfläschchen« zur Vergleichung der Kraft des Elektromagneten.

a. Normalfläschchen.

40. Tarirgewicht des leeren Fläschchens 2^{gr},0325

Anziehung desselben bei einer Kette von sechs Elementen 0 ,014

Tarirgewicht des gefüllten Fläschchens 9 ,937.

Das Gewicht des Oxyds findet sich hiernach 7^{gr},904. Die Anziehung des leeren Fläschchens kann hier vernachlässigt werden, um so mehr als sie größtentheils auf die Luft kommt, welche von dem Oxydpulver verdrängt wird.

Wir stellen in der folgenden Tabelle die, verschiedenen Beobachtungsreihen entnommenen, Gewichte zusammen, bei welchen das Normalfläschchen von den Polen abgezogen wurde.

Stromstärke =				
1.	2.	3.	4.	Kette von 16 Elementen.
{ 10,59	{ 12,03	13,48		
{ 10,61	{ 12,01			
10,61	11,99	{ 13,44		
		{ 13,45		
10,58	{ 11,93	{ 13,43		
	{ 11,94	{ 13,46		
10,62	{ 12,17	13,64		
	{ 12,19			
10,62	{ 12,11	13,61		
	{ 12,11			
10,63	{ 12,06	{ 13,62	{ 14,65	{ 15,85
	{ 12,05	{ 13,57	{ 14,63	
10,65	{ 12,05	{ 13,72	{ 14,62	16,05
	{ 12,06	{ 13,74	{ 14,66	
10,635	12,11	13,63		

Stromstärke =					Kette von 16 Elementen.
1.	2.	3.	4.		
gr 10,60	gr 12,10	gr 13,60			
10,59	12,10				
10,59	12,04				
10,63	12,10	13,70	gr 14,68		
Mittlere Werte:					
10,611	12,062	13,612	14,648	15,950	

Ziehen wir von diesen Werthen 9^{gr},937 ab, so kommt für die magnetische Anziehung des Oxyds

0,674 | 2,125 | 3,675 | 4,711 | 6,023

Die Gewichte, die der einfachen Stromstärke entsprechen, sind Mittelwerthe wenig von einander abweichender Beobachtungen, bei denen nach einander 3 bis 9 verschiedene, aber gleich gebrauchte, Tröge angewandt wurden. Ein Blick auf die vorstehenden Zahlen scheint zu zeigen, dass diese Gewichte, welche verhältnissmässig von einem Tage zum anderen mehr von einander abweichen, als bei stärkerer Stromstärke, dann gröfser sind, wenn der angewandte Trog bereits einer stärkeren Kette angehört hat. Im Allgemeinen scheinen alle Anziehungen etwas zugenommen zu haben, was wahrscheinlich in einer gröfseren Zusammendrückung des sehr feinen Oxydpulvers in Folge der fortwährenden Erschütterungen seinen Grund hat.

Die vorstehenden Anziehungen des Eisenoxyds geben die folgenden Verhältniszahlen:

1 : 3,15 : 5,45 : 6,99 : . . . : 8,94

1 : 1,75 : 2,22

1 : 1,27.

b. Fläschchen II.

41. Tarirgewicht des leeren Fläschchens 1^{gr},884

Anziehung desselben bei einer Kette von sechs Elementen 0 ,010

Tarirgewicht des mit Oxyd gefüllten Fläschchens 10 ,824

Die Anziehung des leeren Fläschchens ist hiernach zu vernachlässigen. Das Eisenoxyd wiegt 8 ,940.

Stromstärke =

1.	2.	3.
gr 11,565	gr 13,03	{ gr 14,76 14,71
{ 11,52	{ 13,02	14,52
{ 11,51	{ 13,00	
11,53	{ 13,01	{ 14,57 14,58
	{ 13,00	
	{ 12,99	
	{ 13,00	

Mittelwerthe:

11,528	13,007	14,628
--------	--------	--------

Magnetische Anziehung des Oxyds.

0,704	2,183	3,804
-------	-------	-------

Daraus leiten sich für die Anziehungen bei den verschiedenen Stromstärken folgende Verhältniszahlen ab:

$$1 : 3,10 : 5,40$$

$$1 : 1,79.$$

Der Unterschied zwischen diesen Verhältniszahlen und den früheren ist so klein, dass er, als innerhalb der Beobachtungsfehler fallend, anzusehen ist.

42.

2. Nickeloxyd,

von Hrn. Dr. C. Stammer rein dargestellt, wurde in das Fläschchen II bis zu der Marke des engeren Halses eingefüllt.

Tarirgewicht für das gefüllte Fläschchen . . . 14^{gr},296

und hiernach Gewicht des Oxyds . . . 12 ,412.

Die folgende Tabelle giebt die zum Abziehen erforderlichen Gewichte.

Stromstärke =				Kette von 16 Elementen.
1.	2.	3.	4.	
{ 14,67	{ 15,60	{ 16,56		
14,67	15,59			
{ 14,67				
14,67				
{ 14,66				
14,655	{ 15,54	{ 16,64	{ 17,23	{ 18,05
	{ 15,53	{ 16,57	{ 17,26	
			{ 17,18	

Mittelwerthe:

 $| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| $14,666$ | $15,565$ | $16,590$ | $17,323$ | $18,050$ |
|----------|----------|----------|----------|----------|$

Hieraus ergiebt sich für die magnetische Anziehung des Nickeloxyds

 $| | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| $0,370$ | $1,269$ | $2,294$ | $2,927$ | $3,754$ |
|---------|---------|---------|---------|---------|$

und daraus folgen die nachstehenden Verhältniszahlen:

 $| | | | | |
|------------|----------|----------|-----------|-----------|
| $1 : 3,43$ | $: 6,20$ | $: 7,88$ | $: \dots$ | $: 10,15$ |
|------------|----------|----------|-----------|-----------|$
 $| | |
|------------|----------|
| $1 : 1,81$ | $: 2,30$ |
|------------|----------|$
 $| |
|------------|
| $1 : 1,27$ |
|------------|$

3. Kobaltoxyd-Hydrat¹⁾.

43. Das chemisch reine Hydrat hatte Hr. Dr. Boedicker die Güte für mich darzustellen. Dasselbe wurde bei einer Temperatur, welche 100° C. nicht viel überstieg, im Sandbade getrocknet und dann zu möglichst feinem Pulver zerrieben, in das Fläschchen II gefüllt.

Tarirgewicht für das gefüllte Fläschchen $85,335$
mithin Gewicht der Füllung $\dots \dots \dots 6,454$.

Die folgende Tabelle gibt die zum Abziehen des Fläschchens von den Polen erforderlichen Gewichte.

Stromstärke =				
1.	2.	3.	4.	Kette von 16 Elementen.
5^r 9,82	5^r 13,90	5^r 19,52	5^r 23,28	5^r 28,21
{ 9,80	{ 14,03	{ 19,62		
{ 9,77				

Mittelwerthe:

 $| | | | | |
|---------|----------|---------|---------|---------|
| $9,797$ | $13,965$ | $19,57$ | $23,28$ | $28,21$ |
|---------|----------|---------|---------|---------|$

Hieraus ergiebt sich für die magnetische Anziehung des Kobaltoxydhydrats:

 $| | | | | |
|--------|--------|---------|---------|---------|
| $1,46$ | $5,63$ | $11,29$ | $14,85$ | $19,78$ |
|--------|--------|---------|---------|---------|$

1) Die Bestimmung der Kobaltoxyde, die in magnetischer Hinsicht Analogien mit den Eisenoxyden darbieten, bleibt einer späteren Mittheilung vorbehalten. Ich habe das Hydrat nur darum hier aufgeführt, weil es, ungeachtet seines starken specificischen Magnetismus, dennoch einen geringern magnetischen Widerstand zeigt als alle übrigen hier aufgeführte und noch aufzuführende magnetische oder diamagnetische Substanzen.

und daraus leiten sich die nachstehenden Verhältniszahlen ab:

$$1 : 3,85 : 7,73 : 10,17 : \dots : 13,55$$

$$1 : 2,01 : 2,64$$

$$1 : 1,31.$$

4. Wismuth.

44. Das Wismuth nahm ich von jenen ausgezeichnet schönen Krystallen, die in Paris (*rue de l'Ecole de medecine*) durch oft wiederholte Umkrystallisirung vermittelst Schmelzung erhalten und von da aus vielfach verbreitet worden sind. Die Krystalle wurden möglichst fein gepulvert, in das Fläschchen II. bis zur bestimmten Marke eingefüllt und dann mit dem eingeschliffenen hohlen Glasstopfen verschlossen.

Tarirgewicht für das Fläschchen vor der Füllung	15,884
für das gefüllte Fläschchen	56,556
within Gewicht des Wismuths	54,672.

Die folgende Tabelle giebt die Gewichte, bei welchen das auf den Polen aufliegende Fläschchen anfing, sich von denselben zu entfernen. Die Resultate zweier Beobachtungsreihen, die an zwei an einander folgenden Tagen gemacht wurden, waren:

Stromstärke =				Kette von 16 Elementen.
1.	2.	3.	4.	
gr 56,42	gr 56,07 56,07	gr 55,63 55,63	gr 55,32 55,33	gr 54,92
56,425	56,075 56,07	55,625 55,635		

Mittelwerthe:

$$56,422 \mid 56,071 \mid 55,630 \mid 55,325 \mid 54,920$$

Hieraus findet sich die diamagnetische Abstösung des Wismuths

$$0,134 \mid 0,485 \mid 0,926 \mid 1,231 \mid 1,636$$

und daraus erhalten wir die nachstehenden Verhältniszahlen:

$$1 : 3,62 : 6,91 : 9,19 : \dots : 12,21$$

$$1 : 1,91 : 2,51$$

$$1 : 1,31.$$

Am zweiten Tage war das Gewicht des Wismuths unverändert gefunden worden. Da genaue Zahlen mir gerade in diesem Falle sehr wünschenswerth erschienen, so wurden nach einem Zwischenraum von ein paar Tagen den beiden obigen Beobachtungen noch sechs neue hinzugefügt. Die Resultate erwiesen sich aber unbrauchbar, weil das Fläschchen mit Wismuth nicht jedesmal, vor Bestimmung der diamagnetischen Abstösung desselben, von Neuem tarirt worden war. Das Versehen wurde erst entdeckt, als, 10 Tage nach der Füllung, das Gewicht des Wismuths bereits um 0gr.048 zugenommen hatte. Dasselbe hatte angefangen durch langsam eindringende Luft sich zu oxydiren. So wie die ursprünglichen Krystalle mit einer dünnen, die schönsten Farben zeigenden Oxydschicht überzogen waren, so hatten auch die im oberen Raume des Fläschchens befindlichen feinen Wismuththeilchen ihr Aussehen durch eine Oxydation ihrer Oberfläche geändert.

5. Phosphor.

45. Der Phosphor wurde unter Wasser geschmolzen und soviel desselben unter Wasser in das Gefäß II. gegossen, bis er etwa ein Millimeter unterhalb der festen Marke am engeren Halse desselben stand. Ueber demselben befand sich Wasser bis etwa ein Millimeter oberhalb der Marke, so daß das Gewicht der Füllung sehr nahe dem Gewichte des Phosphors, wenn er bis zur Marke reichen würde, gleich war. Da der Stöpsel nicht vollkommen schlös, so wurde das Fläschchen vor jeder Bestimmung tarirt. In der nachstehenden Tabelle ist das Tarirgewicht zugleich mit dem Gewichte, bei welchem das Fläschchen die Pole verläßt, aufgeführt.

Tarigewicht.	Stromstärke =				Kette von 16 Elementen.
	1.	2.	3.	4.	
gr 16,581	gr 16,557	gr 16,490	gr 16,418		
16,580	16,5561	16,490	16,417	gr	
16,5435	16,5206	16,461	16,386	16,322	gr 16,244

Diamagnetische Abstofungen.					
	0,024	0,091	0,163		
	0,025	0,090	0,163		
	0,023	0,0825	0,157	0,2215	0,2995
Mittelwerthe.					
	0,024	0,088	0,1615	0,2215	0,2995

Hieraus leiten sich die nachstehenden Verhältniszahlen ab:

$$1 : 3,67 : 6,73 : 9,23 : \dots : 12,49$$

$$1 : 1,84 : 2,52$$

$$1 : 1,37.$$

Das Gewicht des Phosphors ergibt sich mit hinlänglicher Annäherung:

$$14^{gr} 68.$$

Eisen, Kobalt, Nickel.

46. Für die stark magnetischen Metalle, die in feinstem Pulver mit einer Mischung von Schmalz und Wachs verrieben wurden, waren drei, etwas stärkere Fläschchen III., IV. und V. bestimmt, mit kürzerem und weiterem Halse. Sie wurden sorgfältig gefüllt, am folgenden Tage, nachdem die Mischung sich zusammengezogen hatte, nachgefüllt und abgestrichen. Die Bestimmung der drei leeren Fläschchen ergab

Tarigewicht.	Anziehung bei der Stromstärke =		
	1.	2.	3.
gr 3,591	gr 0,028	gr 0,1005	gr 0,169
2,247	0,019	0,067	0,113
3,167	0,029	0,100	0,1525

Diese Anziehungen heben sich zum größten Theil auf, wenn die Fläschchen mit der Schmalz- und Wachsmischung

ohne Metall gefüllt werden. Wir begehen keinen merklichen Fehler, wenn wir die beobachteten Anziehungen ganz auf das zu untersuchende Metall rechnen.

6. Eisen.

47. Das Eisen war aus dem Normaloxyde (1) durch Wasserstoffgas in der anfangenden Rothglühhitze reducirt und in einer zugeschmolzenen Glasmöhre aufbewahrt worden. Es wurden innigst gemengt

Schmalzmischung 24^{gr},97
 Eisenpulver 0,1450,
 so dass im Gemenge sich

0^{gr},5773

Proc. Eisen befand.

a. Fläschchen III.

Tarirgewicht für das gefüllte Fläschchen 9^{gr},429
 also Gewicht der Füllung 5,838
 und des darin enthaltenen Eisens 0,0339.

Das Fläschchen wurde von den Polen abgezogen durch die folgenden Gewichte

Stromstärke =				Kette von 16 Elem.
1.	2.	3.	4.	
12,96	19,38	24,99		
13,00	19,15	25,06	28,85	33,45
12,97	19,14	24,98		

Mittelwerthe:

12,98 | 19,22 | 25,01 | 28,85 | 33,45

Hieraus ergiebt sich die magnetische Anziehung des Eisens

3,55 | 9,79 | 15,58 | 19,42 | 24,02

und daraus leiten sich die folgenden Verhältniszahlen ab

1 : 2,76 : 4,39 : 5,56 : . . . : 6,77

1 : 1,59 : 2,01

1 : 1,27.

7. Kobalt.

48. Ein Theil der gröfseren Menge reinen Kobaltoxydhydrats wurde geglüht und dann in einer Röhre von schwerflüssigem Glase, wie das Eisen, nur unter stärkerer Erhitzung vermittelst des Blasetisches, durch Wasserstoffgas reducirt. In diesem Glase erkaltet, wurde es in einem Achatmörser möglichst fein gepulvert und dann mit der Schmalzmischung verrieben.

Schmalzmischung 25^{gr},00
 Kobaltpulver 0 ,1435,
 so dass das Gemenge 0^{gr},5707

Proc. Kobalt enthielt.

Fläschchen IV.

Tarirgewicht für das gefüllte Fläschchen 8^{gr},690

also Gewicht der Füllung 6 ,423

und des darin enthaltenen Kobalts 0 ,03689.

Die Abziehung des Fläschchens erfolgte bei den nachbenannten Gewichten.

Stromstärke =				
1.	2.	3.	4.	Kette von 16 Elem.
12,43				
12,40				
12,53				
12,41				
12,42				
Mittel				
12,50	gr			
12,44	18,62	gr		
12,41		23,95		
Mittel				
12,38	18,50	23,65	gr	gr
12,30	18,15	23,35	27,29	30,70
Magnetische Anziehung des Kobalts.				
3,75	9,93	15,26		
3,69	9,81	14,96	18,60	22,01
3,61	9,46	14,66		
Mittelwerthe:				
3,86	9,73	14,96	18,60	22,01

woraus sich die nachstehenden Verhältniszahlen ergeben:

1 : 2,65 : 4,08 : 5,05 : 1,00 : 598

1 : 1,54 : 1,92

1 : 1,24

Die beiden ersten Beobachtungen wurden an zwei auf einander folgenden Tagen angestellt, die dritte fiel ein paar Tage später. Die magnetischen Anziehungen zeigen unzweideutig, dass das Kobalt chemisch nicht ganz unverändert geblieben ist. Darum haben wir diese Anziehungen für jede Beobachtung einzeln genommen; wenn sichs um die absolute Anziehung des Kobalts handelt, werden wir die erste Beobachtung zu Grunde legen. Die chemische Veränderung des Kobalts ist aber so gering, dass wir die Verhältniszahlen aus der mittleren Anziehung ableiten zu dürfen geglaubt haben.

b. Fläschchen III.

49. Dasselbe Kobaltgemenge.

Tarirgewicht für das gefüllte Fläschchen 9^{gr},510

also Gewicht der Füllung 5 ,919.

	Stromstärke		
	1.	2.	3.
Anziehung	3,59	9,47	14,39

Hieraus ergeben sich die folgenden, den früheren gut entsprechenden Verhältniszahlen:

1 : 2,64 : 4,01.

8. Nickel.

50. Das Metall ist durch Hrn. Dr. C. Stammer aus dem chemisch reinen oxalsauren Salze dargestellt worden.

Schmalzmischung 24^{gr},98

Nickelpulver 0 ,1564,
so dass in dem Gemenge sich

0^{gr},6222

Proc. Nickel befindet.

a. Fläschchen V.

Tarirgewicht für das gefüllte Fläschchen $8^{\text{gr}} ,893$
 mithin Gewicht der Füllung $5 ,726$
 und des in derselben enthaltenen Nickels $0 ,03575$.
 Das Fläschchen wurde von den Polen durch die nachstehenden Gewichte abgezogen.

Stromstärke =

Kette von
16 Elementen.

1.	2.	3.	4.
$10,52$	$12,83$	$14,58$	
$10,51$			
$10,52$			
$10,52$			
$10,54$			
$10,49$	$12,72$	$14,55$	$15,68$
$10,52$			$16,83$
$10,47$			

Mittelwerthe:

 $10,511$ | $12,775$ | $14,565$ | $15,68$ | $16,83$

Die resultirenden Anziehungen sind

 $1,62$ | $3,88$ | $5,67$ | $6,79$ | $7,94$

was die folgenden Verhältniszahlen giebt:

 $1 : 2,40 : 3,50 : 4,19 : \dots : 4,90$ $1 : 1,48 : 1,75$ $1 : 1,21.$

b. Fläschchen III.

51. Dasselbe Nickelgemenge.

Tarirgewicht für das gefüllte Fläschchen . $9^{\text{gr}} ,584$ also Gewicht der Füllung $5 ,993$.

Stromstärke =

1.	2.	3.
5^{gr}	$4,24$	$6,21$

Anziehung $1,83$

woraus sich die folgenden Verhältniszahlen ergeben:

 $1 : 2,43 : 3,39.$

9.1 Sauerstoffgas.

52. Zu diesen Bestimmungen diente dieselbe Kugel mit Glashähnchen, die ich früher schon bei meinen Ver-

suchen über das magnetische Verhalten der Gase angewendet habe. Das Sauerstoffgas wurde in gleicher Weise entwickelt und, nachdem die Kugel mit diesem Gase zuvor ausgewaschen, in dieselbe hineingebracht und zwar um etwa $\frac{1}{10}$ Atmosphärendruck comprimirt, um sicher zu seyn, daß keine Luft eindringen sondern höchstens etwas Sauerstoffgas entweichen könnte. Dass letzteres keinesweges stattfand, bewiesen die Abwägungen

Tarirgewicht für die leere Kugel	2gr,8353
für die gefüllte Kugel	2,9026
mithin Gewicht des Sauerstoffgases	0,0673.

Die leere Kugel zeigte keinen bestimmbaren Magnetismus. Die zum Abziehen der Sauerstoffkugel erforderlichen Gewichte, die sich genau und mit der größten Sicherheit durch Hülfe des 0gr,01 schweren Reuters bestimmen ließen, waren die folgenden:

Stromstärke =				
1.	2.	3.	4.	Kette von 16 Elementen.
2,9051	2,9113	2,9195	2,9260	2,9331
2,9051	2,9115	2,9201	2,9260	2,9331
2,9049				
2,9048				
2,9050				

Mittelwerthe:

2,9050 | 2,9114 | 2,9198 | 2,9260 | 2,9331

Hieraus ergiebt sich für die magnetische Anziehung des Sauerstoffgases

0,0024 | 0,0089 | 0,0172 | 0,0234 | 0,0305

was zu den folgenden Verhältniszahlen führt

1 : 3,71 : 7,17 : 9,75 : . . . : 12,71

Nickelphosphat 1 : 1,93 : 2,63

1 : 1,36.

§. 3.

Discussion der erhaltenen Resultate und allgemeine Folgerungen.

53. Die numerischen Resultate, die wir im vorigen Paragraphen mitgetheilt haben, lassen sich übersichtlich durch Curven darstellen. Diese Curven sind unmittelbarer Ausdruck der Beobachtung, unabhängig von jeder Hypothese und jeder theoretischen Auffassung.

Die Coordinaten der Punkte dieser Curven geben die Anziehung, welche die untersuchten Substanzen durch den Elektromagneten erleiden, die Abscissen derselben, die entsprechende Stromstärke, welche zur Erregung des Elektromagneten angewendet worden ist. Als Einheit der Stromstärke nehmen wir die Stromstärke eines unserer Grove'schen Elemente, wenn dasselbe durch den langen und dicken Draht, welcher um den Eisenkern unseres Elektromagneten gewickelt ist, geschlossen wird; als Einheit der Anziehung für jede der verschiedenen von uns untersuchten Substanzen diejenige, welche bei der Einheit der Stromstärke, also, bei Anwendung eines Grove'schen Elementes, stattfindet. Die Einheit der Anziehung ist also für verschiedene Substanzen eine verschiedene.

54. Hiernach gehen alle Curven durch den Anfangspunkt der Coordinaten, O , weil Stromstärke und Anziehung gleichzeitig verschwinden, und durch einen zweiten Punkt, M , welcher den Einheiten der Stromstärke und der Anziehung entspricht. Außerdem geben unsere Beobachtungen unmittelbar noch drei andere Punkte jeder einzelnen Curve, welche der doppelten, dreifachen und vierfachen Stromstärke entsprechen. Endlich ist noch ein letzter entfernter liegender Punkt jeder Curve, welcher der Anwendung einer Kette von 16 einzelnen Grove'schen Elementen entspricht, bestimmt worden. Um jedoch diesen Punkt construiren zu können, müssen wir zuvor die Stromstärke einer solchen durch denselben Leitungsdräht geschlossenen Kette in der von uns angenommenen Einheit ausdrücken.

55. Es ist hierbei unerlässlich, das Verhältnis des Widerstandes in dem Schließungsdrähte zu dem Widerstande in unsren Grove'schen Elementen zu kennen. Aber wir können uns auch hier, wie bisher, jeder directen Messung solcher Widerstände überheben. Zu diesem Ende schalte ich hier die Beobachtung ein, welche den im vorigen Paragraphen mitgetheilten Beobachtungen unmittelbar vorherging, und durch welche, unter genau denselben Umständen wie später, die Anziehung des mit dem Eisenoxyde gefüllten Normalfläschchens bestimmt wurde, wenn nach einander der Strom durch eine Kette von sechs Elementen durch eine Kette von drei derselben, durch eine Kette von zwei der übrigen und endlich durch das letzte Element allein, hervorgerufen wurde. Diese Anziehungen betrugen in umgekehrter Aufeinanderfolge 0°,663 1°,913 3°,113 4°,913 also, auf unsere Einheit bezogen 1,00 2,88 4,69 7,41. Wenn wir diese Werthe als Ordinaten der Curve für Eisenoxyd (Taf. I, Fig. 1, Curve IV) betrachten, so finden wir aus der Construction für die, durch die entsprechenden Abscissen dargestellten Stromstärken

1 1,85 2,65 4,35.

Nach dem Ohm'schen Gesetze sind diese Stromstärken in unserer Einheit ausgedrückt durch $\frac{1}{1+\omega}$ wobei ω die zu bestimmende Constante ist, welche ausdrückt, wie viel Mal der Widerstand im Schließungsdrähte grösser ist als in dem einzelnen Elemente. Setzen wir $\omega = 12$ so geben die letzten Ausdrücke die nachstehenden Zahlen 1,00 1,86 2,60 4,33 Stromstärken, welche sämmtlich mit den aus der Construction abgeleiteten gut stimmen. Für eine Kette von 16 Elementen gibt der so bestimmte Werth von ω die Stromstärke

Somit können wir alle unsere Curven bis zu diesem Abscissenwerthe fortführen.¹⁾

56. In der ersten Figur sind die Curven für *Nickel* (I), *Kobalt* (II), *Eisen* (III), *Eisenoxyd* (IV), *Nickeloxyd* (V), *Wismuth* und *Phosphor* (VI), für *Sauerstoffgas* (VII), und endlich für *Kobaltoxydhydrat* (VIII) zusammengestellt. Die Curven für *Wismuth* und *Phosphor*, der beiden einzigen von uns vollständig bestimmten diamagnetischen Substanzen, fallen so nahe zusammen, dass sie, mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Beobachtungsfehler, als eine einzige construirt worden sind. Diese Curve ist in der Zeichnung von den übrigen unterschieden worden, weil ihre Ordinaten diamagnetische Abstösung, statt magnetischer Anziehung, bedeuten; es erschien nicht angemessen ihnen aus diesem Grunde eine entgegengesetzte Lage zu geben.

57. Das endliche Ziel, das wir erstreben, besteht darin, dass wir die Anziehung, die eine gegebene Substanz erleidet, als Function der auf sie einwirkenden magnetischen Kraft, nicht als Function der Stromstärke, welche diese Kraft hervorruft, bestimmen. Es kommt dieses darauf hinaus, dass wir unsere Curven so umformen, dass die zu jeder Ordinate gehörige Abscisse nicht mehr, wie bisher, die Stromstärke, sondern die, dieser Stromstärke entsprechende auf die untersuchte Substanz ausgeübte Kraft des Elektromagneten bedeutet. Als Einheit dieser magnetischen Kraft nehmen wir diejenige, welche durch ein *Grove'sches Element* hervorgerufen wird.

1) Ich habe es bei den Bestimmungen des vorigen Paragraphen für überflüssig gehalten, eine Tangentenboussole einzuschalten oder ein anderes directes Verfahren anzuwenden, um die Constanz der Stromstärke zu constatiren. Es war vollkommen hinreichend und unserem speciellen Zwecke mehr entsprechend, die Constanz der magnetischen Kraft durch die Anziehung, welche der Elektromagnet auf das mit dem Eisenoxyde gefüllte Normalfläschchen ausübt, nachzuweisen. Die Erörterungen der 55. Nummer zeigen, dass wir auch vermittelst der Curve IV unsere Stromstärken vergleichen und messen können und dass diese Curve, für unsere Zwecke, Apparate, die zum Messen der angewandten Stromstärken dienen, in jeder Hinsicht ersetzt.

58. Hiernach würden die neuen Curven mit den alten zusammenfallen, wenn im Kerne des Elektromagneten kein Widerstand sich fände, das heifst, wenn die auf die untersuchte Substanz wirkende magnetische Kraft der Stärke des zu ihrer Hervorrufung angewandten Stromes proportional wäre. Unter derselben Voraussetzung würde, wenn es eine Substanz gäbe, welche keinen Widerstand darboste, die dieser Substanz entsprechende Curve eine Parabel seyn (IX), deren Ordinate die Quadrate der Abscissen sind. Gäbe es endlich eine Substanz, die mit Magnetismus gesättigt wäre, die immer dasselbe Maass von Magnetismus behielte, so ginge die entsprechende Curve in eine gerade Linie (X) über. In der Wirklichkeit, wo die magnetische Erregung der Stromstärke *nicht* proportional ist, verändert sich jene Parabel und diese gerade Linie, indem die Abscissen ihre ursprüngliche Bedeutung behalten, in zwei solche Curven, welche die beiderseitigen Gränzen der Curven Gruppe I bis VIII bilden.

59. Ich wende mich zunächst zu einigen geometrischen Erörterungen über diese Curven-Gruppe.

Wenn es sich ergäbe, dass Kobaltoxydhydrat, welches unter den bisher untersuchten Substanzen den *geringsten* magnetischen Widerstand zeigt, *gar keinen* Widerstand darboste — eine Annahme, die übrigens keinesweges wahrscheinlich ist — so müfste die Curve VIII mit der Parabel IX zusammenfallen, wenn wir von den ursprünglichen Abscissen zu den neuen übergingen, und dann wäre VIII eine der fraglichen Gränzcurven. Dann könnten wir überhaupt jede Curve, die in dem einen der beiden Systeme gegeben ist, in die entsprechende Curve des andern Systems umformen. Wir wollen insbesondere, in der gemachten Voraussetzung, die gerade Linie X in dem zweiten Systeme in die entsprechende Curve des ersten Systems umformen. Nehmen wir zu diesem Ende irgend zwei solche Punkte, Q und Q', auf der Parabel und der Curve VIII an, die gleiche Ordinaten, QP und $Q'P'$ haben, so sind die zugehörigen Abscissen OP und OP' , zwei einander

entsprechende Abscissen in dem zweiten und ersten Systeme. Der Punkt q der geraden Linie OP , welcher auf der Linie X , der Abscisse OP entspricht, giebt hiernach, indem wir eine gerade Linie parallel mit der Abscissenaxe ziehen, sogleich den Punkt q' der zu construierenden Curve, welcher der Abscisse OP' entspricht. Auf diesem Wege erhalten wir unmittelbar beliebig viele Punkte einer Curve XI, welche, in der Voraussetzung, dass Kobaltoxydhydrat keinen magnetischen Widerstand darböte, einer mit Magnetismus gesättigten Substanz angehören würde. In dieser Voraussetzung wären also VIII und XI die beiden Gränzcurven, zwischen welchen die Curve für jede neu zu untersuchende Substanz nothwendig hindurch gehen müfste.

60. Die Curve XI müfste, wenn sie wirklich die untere Gränzcurve wäre, selbst zu den Curven unserer Gruppe gehören und den allgemeinen Lauf dieser Curven haben, insbesondere keine der anderen Curven je schneiden. Diese Curve ist aber nur eine Gränze, unter welcher die wirkliche Gränzcurve nicht liegen kann. Diese kann nur höher liegen, sie darf aber auch, über den Punkt M hinaus, für wachsende Stromstärken, die gerade Linie X nicht schneiden.

Von dieser Curve, die Substanzen entspricht, die mit Magnetismus gesättigt sind, können wir durch dieselbe Construction, die wir oben angewandt haben, zu der obern Gränzcurve, der Curve keines Widerstandes, zurückgehen. Wäre XI diese Curve, so kämen wir zu der Curve VIII zurück. Es ist von vorne herein klar, dass die für irgend eine Substanz gefundene Curve nie die untere Gränzcurve erreichen kann, am wenigsten wenn die Substanz, wie Nickel, ohne ursprünglichen Magnetismus, bald schon so stark magnetisch wird. Auch hält die Curve, welche der Curve für Nickel, wenn wir diese als untere Gränzcurve nehmen, als obere Gränzcurve entspricht, keinesweges den allgemeinen Lauf unserer Curvengruppe ein. Die wahre untere Gränzcurve liegt also zwischen den Curven I und XI. Nach den vorstehenden Bemerkungen werden diese Gränzen noch viel enger gezogen und wir machen keinen großen Fehler, wenn

wir für diese Curve die Curve XII nehmen und dann die entsprechende obere Gränzcurve, wofür wir die Curve XIII erhalten, construiren.

Diese Annahme werden wir den nachfolgenden Rechnungen zu Grunde legen und durch dieselben gerechtfertigt finden. Die Curven XII und XIII sind also unsere *wahren Gränzcurven*; sollten spätere Beobachtungen und sorgfältigere Rechnungen eine Modification dieser Curven verlangen, so müssen beide Gränzcurven zugleich höher oder tiefer rücken, die obere aber bedeutend mehr, als die untere.

61. Die Curve XIII, die in dem ursprünglichen Coordinaten-Systeme, wo die Abscissen Stromintensitäten bedeuten, die relative Zunahme der magnetischen Anziehung als Function von diesen giebt, hat noch eine zweite Bedeutung. Die Anziehung einer Substanz durch den Elektromagneten ist nämlich als das Product der magnetischen Erregung dieses letztern und des in der Substanz hervorgerufenen Magnetismus zu betrachten. Wenn also eine Substanz mit Magnetismus gesättigt ist, so ist diese Anziehung der Intensität der magnetischen Kraft des Elektromagneten proportional. Setzen wir demnach diejenige Intensität dieser Kraft, die der Einheit der Stromstärke entspricht, ebenfalls der Einheit gleich, so stellt die Curve XIII sowohl die relative Zunahme der magnetischen Anziehung der fraglichen Substanz, als auch der magnetischen Kraft des Elektromagneten als Function der Stromstärke dar.

62. Auf diesem Wege sind wir glücklicher Weise der Nothwendigkeit überhoben, irgend ein theoretisches Gesetz über die Abhängigkeit der Kraft des Elektromagneten von der angewandten Stromstärke zu Grunde zu legen. Es steht nicht zu erwarten, dass ein Gesetz dieser Art, wenn es auch für den einzelnen Fall der magnetischen Induction durch den galvanischen Strom seine volle Gültigkeit haben mag, auf unsern Elektromagneten eine unmittelbare Anwendung finde, weil die Wirkung desselben, in unsren Bestimmungen, hauptsächlich von den einander gegenüber-

stehenden und naheliegenden Stellen der auf den Polflächen liegenden Halbunker ausgeht und zu ihrer Hervorrufung die gegenseitige Induction dieser Halbunker überwiegend beiträgt. Wir haben im ersten Paragraphen (27, 28) ein solches Gesetz aus dem allgemeinen Gesetze der magnetischen Induction abgeleitet und zugleich, für unsere Anwendung, die Quelle der Störungen bezeichnet.

63. Ich muß hier hervorheben, daß dieses Gesetz Herrn Prof. Müller in Freiburg gehört, der zu demselben implicite gelangte, indem er das Gesetz über die Stärke des durch den Strom in Eisenstäben von verschiedener Dicke hervorgerufenen Magnetismus, aus Messungen ableitete.¹⁾ Dieses Gesetz wurde von den Herren Buff und Zaminer, welche, wie früher die Herren Lenz und Jacobi, die Proportionalität von Stromstärke und erregtem Magnetismus behaupteten, bestritten, aber von Herrn W. Weber, unter den nothwendigen Beschränkungen, außer Zweifel gesetzt.²⁾ Für mich war es eine unerwartete Bestätigung des von mir bereits erhaltenen allgemeinen Gesetzes über magnetische und diamagnetische Induction.

Herr Müller beschränkt sein Gesetz ausdrücklich auf die magnetische Erregung, hervorgebracht durch die inducirende Kraft des galvanischen Stromes, im Gegensatze der Erregung durch eine magnetische Kraft. Er sagt nämlich:

„Lenz und Jacobi nahmen an, daß die Tragkraft der Elektromagnete dem Quadrate des erregten Magnetismus proportional seyn müsse, und diese Annahme ist auch ohne allen Zweifel richtig, nur ist die Stärke des Magnetismus nicht der Stromstärke proportional, wie dies jetzt genügend dargethan ist.“
Fortschritte, S. 531.

1) Für uns war das Gesetz eine unmittelbar gebotene, rein theoretische Uebertragung, die ohne Kenntniß der interessanten Arbeit des Hrn. Müller geruht wurde. Der erste Paragraph wurde vor längerer Zeit niedergeschrieben, nachdem zwar die Resultate des zweiten Paragraphen, aber noch nicht die vollständige Discussion derselben vorlag.

2) W. Weber, Maafbestimmungen III. Heft S. 566. Müller, Fortschritte.

64. Wir sind im Stande die Gröfse der Abweichungen, welche für die Bedingungen, unter welchen wir unsere Bestimmungen gemacht haben, das fragliche Gesetz erleidet, zu ermitteln. Unsere Curve XII zeigt, dass die magnetische Kraft, welche von dem grosen Elektromagneten ausgeht, bis zur Anwendung von zwei, ja fast von drei Grove-schen Elementen der Intensität des inducirenden Stromes sehr nahe proportional ist. Von da an gilt das Gesetz der Herren Lenz und Jacobi nicht mehr, aber, wie wir so gleich sehen werden, bald hört auch das neue Gesetz, welches wir durch die nachstehende Gleichung ausgedrückt haben,

$$\frac{M}{K} = \text{arc} \left(\tan g = \frac{s}{c} \right),$$

auf, eine hinlängliche Genauigkeit zu geben.

Unsere empirische Curve gibt die nachstehenden einander entsprechenden Stromstärken und magnetischen Kräfte:

$$S = 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 7,43$$

$$M = 0 \quad 1 \quad 2 \quad 2,9 \quad 3,45 \quad 4$$

Verfahren wir wie in der 29. Nummer angegeben worden ist, so können wir die durch die letzte Gleichung dargestellte Curve bestimmen, indem wir sie der Bedingung unterwerfen, dass sie, außer durch den Punkt M , noch durch einen zweiten Punkt, für welche wir den Punkt

$(S = 3 \quad M = 2,9)$ nehmen wollen. Wir finden alsdann

$$\frac{1}{c} = \tan \frac{1}{K} = \tan 6^{\circ} 30'$$

und hiernach für die berechneten Werthe von M

$$0 \quad 1 \quad 1,98 \quad 2,9 \quad 3,77 \quad 5,96.$$

Wir sehen hieraus, dass die wirklich hervorgerufene magnetische Kraft schon bei vierfacher Stromstärke hinter derjenigen Kraft, welche durch die Tangential-Curve angezeigt wird, merklich zurückbleibt und dass für gröfsere Kräfte kaum noch von Annäherung die Rede seyn kann. Eine Aenderung der Curve XII, soweit sie nach dem Vorhergehenden etwa noch stattfinden könnte, würde hierin keinen Unterschied machen.

65. Wir sind also lediglich auf das durch die Curve XII ausgedrückte *empirische Gesetz* hingewiesen.

Nach diesem Gesetze können wir aus den Curven I—VIII der ersten Figur, welche die unmittelbaren Beobachtungen darstellen, sogleich andere Curven ableiten, welche die *beobachteten Anziehungen als Function der magnetischen Kraft des Elektromagneten ausdrücken*. Wir brauchen nur diejenigen Punkte, durch welche die ursprünglichen Curven bestimmt worden sind, mit solchen Punkten zu vertauschen, die ihre Ordinaten beibehalten, ihre Abscissen aber, welche Stromstärken, S , bedeuten, so ändern, dass sie nun die Bedeutung der entsprechenden magnetischen Intensitäten M erhalten. Auf diesem Wege finden wir die auf empirischem Wege abgeleiteten Curven der oberen Gruppe der Fig. 2, Taf. I. Alle diese Curven liegen zwischen der *Parabel*, der Gränzcurve für solche Substanzen, die der Magnetisirung keinen Widerstand entgegengesetzt, und der geraden *Linie*, die auf Substanzen sich bezieht, die mit Magnetismus gesättigt sind.

66. Wenn wir endlich die Ordinaten der eben beschriebenen Curven, das heisst die beobachtete Anziehung der magnetischen, oder die beobachtete Abstossung der diamagnetischen Substanzen, durch die entsprechenden Abscissen, das heisst die Kraft des Elektromagneten, dividiren, so stellen die Quotienten die Intensität des in der Substanz hervorgerufenen Magnetismus dar. Und dieses ist der Fall bei beiden genannten Klassen von Substanzen, die sich nicht in der Art ihres magnetischen Zustandes, sondern nur durch die entgegengesetzte Art von Induction, welche diesen Zustand hervorruft, unterscheiden. So erhalten wir auf empirischem Wege eine neue Gruppe von Curven (die untere Gruppe von Curven der Figur 2), welche die *Intensität der in den untersuchten Substanzen durch eine magnetische Kraft hervorgerufenen Magnetismus als Function dieser Kraft darstellen*. Diese Curven werden mit aller zu verlangenden Genauigkeit durch Gleichungen von der Form

$$\frac{J}{k} = \arctan \left(\tan \frac{M}{c} \right)$$

ausgedrückt, wobei die Abscissen M den von dem Elektromagneten aus wirkenden, die Ordinaten J den in der Substanz inducirten Magnetismus bedeuten, und k und c zwei Constanten, die für jede einzelne Substanz besonders zu bestimmen sind.

67. Um die vorstehende Behauptung zu begründen, müssen wir die Curven für die verschiedenen Substanzen berechnen. Wir nehmen dazu, außer dem Punkte M , als zweiten Punkt jeder einzelnen Curve, denjenigen, welcher der doppelten Stromstärke entspricht. Für diesen Punkt erhalten wir, wenn wir beispielsweise Eisen nehmen,

$$M = 2 \quad J = 1,38.$$

Demnach ist

$$\log \tan \left(\frac{1}{k} \right) + \log 2 = \log \tan \left((1,38) \frac{1}{k} \right)$$

woraus wir ohne Mühe, durch Hülfe der Logarithmentafeln,

$$\frac{1}{k} = 47^\circ$$

erhalten, und allgemein ist demnach

$$J = \frac{\arctan \left(\tan \frac{M}{c} \tan 47^\circ \right)}{47^\circ}$$

wobei der Bogen des Nenners in Graden anzudrücken ist.

Für die verschiedenen untersuchten Substanzen finden wir in gleicher Weise die folgenden Werthe des Hülfswinkels $\frac{1}{k}$ in Graden ausgedrückt:

Kobaltoxydhydrat	11° 30'	Eisenoxyd	34°
Sauerstoffgas	16 36	Eisen	47
Wismuth	19 30	Kobalt	51 40'
Nickeloxyd	25 18	Nickel	68.

68. Durch diese Hülfswinkel berechnet sich leicht die Intensität des inducirten Magnetismus für jede inducirende Kraft und so ergiebt sich die nachstehende Tabelle, in welcher für die in der oberen Horizontal-Columne bezeichneten magnetischen Kräfte die beobachteten und berechne-

ten Intensitäten des inducirten Magnetismus zusammengestellt sind.

	Inducirender Magnetismus =				
	2.	2,9.	3,45	4.	∞
Kobaltoxyhydrat	Beob.	1,925	2,66	2,95	3,39
	Ber.	1,925	2,64	3,05	3,40
Sauerstoffgas	Beob.	1,855	2,47	2,82	3,18
	Ber.	1,855	2,46	2,76	3,015
Wismuth	Beob.	1,81	2,39	2,66	3,05
	Ber.	1,81	2,35	2,60	2,81
Nickeloxyd	Beob.	1,715	2,14	2,28	2,54
	Ber.	1,715	2,15	2,31	2,46
Eisenoxyd	Beob.	1,575	1,88	2,03	2,23
	Ber.	1,575	1,85	1,96	2,06
Eisen	Beob.	1,38	1,51	1,61	1,69
	Ber.	1,38	1,54	1,59	1,64
Kobalt	Beob.	1,325	1,41	1,465	1,49
	Ber.	1,325	1,445	1,49	1,525
Nickel	Beob.	1,20	1,21	1,22	1,225
	Ber.	1,156	1,207	1,225	1,239

69. Die Resultate der Rechnung und der Beobachtung weichen so wenig von einander ab, dass die Abweichungen innerhalb der Beobachtungsfehler fallen. Sie sind am grössten für Nickel, was sich auch schon in der entsprechenden Curve der obigen Gruppe der Fig 2. Taf. I. darin zeigt, dass der der Abscisse 2,9 entsprechende Punkt zu hoch liegt. Aber wir brauchen nur einen Fehler von etwa $\frac{1}{35}$ in der Bestimmung der bezüglichen Anziehung des Nickelgemisches anzunehmen — wie wir es bei der obigen Berechnung gethan haben — um selbst hier die desfallsige Nichtübereinstimmung aufzuheben. Es erscheint mir einstweilen noch nicht an der Stelle, durch einen grösfern Aufwand von Rechnung die Abweichungen noch zu verringern. Diese scheinen überwiegend in dem Sinne stattzufinden, dass, für wachsende Kräfte, die beobachtete Anziehung um ein Geringes gegen die berechnete zurückbleibt. Namentlich zeigt sich dieses in *regelmässiger* Weise, wenn wir die, durch die bei weitem grösvere Anzahl sorgfältiger Beobachtungen erhaltene Curve für Eisenoxyd ins Auge fassen. Es würde dieser Umstand sogar die Annahme bekräftigen, *dass unser*

mathematisches Gesetz nicht nur ein Gesetz der Annäherung, sondern das wahre Gesetz der Natur sey, sobald wir das-selbe auf die auf einen körperlichen Punkt ausgeübte magne-tische Induction beziehen. Denn offenbar müssen dann die Abweichungen von diesem Gesetze, wenn wir den Punkt mit einer endlichen Masse vertauschen, im obigen Sinne ausfallen.

Für die verschiedenen Substanzen haben wir den *Sättigungspunkt* berechnet und in der letzten Verticalcolumn die entsprechenden Werthe von J , welche zum Ausdruck $\frac{1}{2}\pi k$ haben und für welche $M = \infty$, zusammengestellt.

70. In der nachstehenden Tafel haben wir die Werthe von $\frac{1}{c}$ und $\frac{1}{k}$, so wie die daraus abgeleiteten Werthe der Inductions- Constante λ und der Widerstands- Constante μ vereinigt. Die in der 67. Nummer zusammengestellten Bo- gen geben, wenn wir dieselben auf den Radius, als Ein- heit, beziehen die Werthe von $\frac{1}{c}$, die entsprechenden tri- gonometrischen Tangenten die Werthe von $\frac{1}{k}$. Ferner ist

$$\lambda = \frac{k}{c} \text{ und } \mu = \frac{1}{3k^2} \cdot (26; 32).$$

Magnetische Constanten.

	$\frac{1}{c}$	$\frac{1}{k}$	λ	μ
Kobaltoxyhydrat	0,2035	0,2007	1,00135	0,01383
Sauerstoffgas	0,2981	0,2897	1,02896	0,02799
Vismuth	0,3541	0,3434	1,04048	0,03861
Nickeloxyd	0,4727	0,4468	1,05791	0,06654
Eisenoxyd	0,6745	0,5934	1,1367	0,11738
Eisen	1,0723	0,8203	1,3074	0,2243
Kobalt	1,2647	0,9017	1,4025	0,27105
Nickel	2,4751	1,1868	2,0855	0,4588

71. Es folgt aus dem Vorhergehenden, dass der spe-cifische Magnetismus einer Substanz von der Grösse der inducirenden Kraft abhängig ist, und dass die Aenderung desselben, mit dieser Kraft, für verschiedene Substanzen eine verschiedene ist. Um ihn für eine gegebene Kraft zu bestimmen, füllen wir nach einander in dasselbe Fläschchen

die zu vergleichenden Substanzen. So haben wir in das Fläschchen III zuerst das Eisengemenge, dann das Kobaltgemenge gefüllt und die beidesmalige Anziehung, bei Anwendung eines Grove'schen Elementes, bestimmt. Daraus können wir die Anziehung berechnen, die einmal 1^o Eisen, das andere Mal 1^o Kobalt, gleichmäßig in der Form von feinstem Pulver durch den ganzen innern Raum des Fläschchens vertheilt, erfährt. Die Daten dazu liefern die 47. und 49. Nummer. Die Anziehung des Eisens, getheilt in die Anziehung des Kobalts, ist alsdann der specifische Magnetismus des letztern. Diesen Quotienten wollen wir mit 1000000 multipliciren, d. h. den specifischen Magnetismus des Eisens einer Million statt der Einheit gleich setzen. Ebenso erhalten wir den specifischen Magnetismus des Nickels aus den Daten der 47. und 51. Nummer.

Um den specifischen Magnetismus des Eisenoxyds zu bestimmen, wurde das ursprünglich mit dem Eisengemenge gefüllte Fläschchen III mit diesem Oxyde gefüllt. Das Gewicht desselben ergab

6^o,520,

die magnetische Anziehung desselben, bei Anwendung eines Grove'schen Elementes,

0^o,521,

nachdem von der ganzen Anziehung die Anziehung des Glases (das hier dicker genommen werden musste, als bei den beiden Fläschchen I und II), welche 0,028 betrug, abgezogen worden war. Stellen wir diese Beobachtung mit der Beobachtung der 47. Nummer zusammen, so finden wir für den specifischen Magnetismus des Eisenoxyds die Zahl

759.

Durch die Zusammenstellung der Resultate der 40. Nummer mit den Resultaten der 42., 43., 44., 45. Nummer ergeben sich die folgenden Zahlen

0,3776 2,8718 0,0311 0,0217

für den specifischen Magnetismus des Nickeloxyds, des Kobaltoxyhydrats, des Wismuths und des Phosphors, wenn wir den Magnetismus des Eisenoxyds für einen Augenblick

als Einheit nehmen. Durch Hilfe der vorhergehenden Zahl führen wir die letzten Zahlen auf andere zurück, welche sich auf die frühere Annahme beziehen, dass der Magnetismus des Eisens eine Million sey.

Wir haben in dem Vorstehenden vorausgesetzt, dass die inducirende magnetische Kraft der Einheit gleich sey. Um für andere inducirende Kräfte den specifischen Magnetismus einer Substanz zu erhalten, müssen wir die, für die Einheit der Kraft erhaltene Zahl mit $\frac{J}{J'}$ multipliciren. Wir bezeichnen hierbei durch J und J' , bei der jedesmaligen Kraft, die Intensitäten des in der zu bestimmenden Substanz und im Eisen inducirten Magnetismus. Die Tabelle der 68. Nummer giebt diese Intensitäten für die inducirenden magnetischen Kräfte 1, 2, 2,9, 3,45 und 4, denen die Stromstärken 1, 2, 3, 4 und die Stärke des Stromes einer 16 elementigen Kette entsprechen. Der Werth des Quotienten $\frac{J}{J'}$ bleibt auch für unendlich grosse magnetische Kräfte ein endlicher, ebenso für unendlich kleine Kräfte. Im ersten Falle ist er durch $\frac{J_n}{J'_n}$, im letztern durch $\frac{\lambda}{\lambda'}$, zu ersetzen, wobei wir J'_n und λ' auf Eisen beziehen.

Hiernach ist die nachstehende Tabelle berechnet.

Spec.	1	2	2,9	3,45	4
1	1	2	2,9	3,45	4
2	0,5	1	1,45	1,725	2
2,9	0,345	0,69	1	1,225	2,9
3,45	0,3	0,6	0,95	1	3,45
4	0,25	0,5	0,75	0,9375	4

Specificischer Magnetismus bei verschiedenen magnetischen Kräften.

	0	1	2	2,9	3,45	4	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000
Eisen	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000	1000 000
Kobalt	1082 500	1009 000	968 800	946 700	945 500	938 200	917 800	917 800	917 800	917 800
Nickel	743 100	465 800	408 500	382 200	375 700	368 400	321 900	321 900	321 900	321 900
Kobaltoxydhydrat	1 687	2 178	3 058	3 733	4 178	4 500	7 070	7 070	7 070	7 070
Eisenoxyd	660	759	886	911	935	953	1 048	1 048	1 048	1 048
Nickeloxyd	193	287	356	400	416	430	455	455	455	455
Wismuth	18,7	23,6	31,0	36,0	38,6	40,5	56,9	56,9	56,9	56,9
Phosphor	13,1	16,5	21,6	25,1	26,9	28,2	39,5	39,5	39,5	39,5

72. Ich knüpfte nur wenige Bemerkungen an die vorstehende Tabelle an.

Ich habe früher¹⁾ bei Anwendung von sechs Elementen, den specifischen Magnetismus des Eisenoxyds bestimmt und für denselben

891

erhalten, während unsere Tabelle die Gränzen

660 1048

giebt. Für die damals angewandte Stromstärke, $4\frac{1}{3}$, was, wenn damals auch die Einheit der inducirenden magnetischen Kraft dieselbe als in den vorstehenden Bestimmungen gewesen wäre, für diese 3,6 geben würde, gäbe dann die Tabelle nahe

940.

Aber die frühere Einheit war kleiner, weil das frühere Glasgefäß eine dickere Wandung und eine grössere Krümmung hatte. Dadurch wird die Uebereinstimmung der beidesmaligen Resultate ganz befriedigend.

Sobald wir überhaupt unsere Gefäße, in welchen die Bestimmungen gemacht werden, mit andern vertauschen, sobald wir die beiden Halbanker anders auf die Polflächen unseres grossen Elektromagneten auflegen, sobald wir an einer andern Stelle die Anziehungen bestimmen — ändert sich die Einheit unserer inducirenden Kraft und somit unsere Constanten-Bestimmung. Unter verschiedenen Verhältnissen angestellte Bestimmungen werden erst vergleichbar, nachdem die fragliche Einheit vorher ermittelt worden ist.

Die Aenderung dieser Einheit durch Vertauschung der Gefäße I und II sowie der Gefäße III, IV und V, unter einander, ist nur sehr gering; sie wird für unsere Untersuchungen merklich, obwohl nicht bedeutend, wenn wir eins der beiden ersten Gefäße mit einem der drei letzten vertauschen. Darum haben wir nothwendig einen kleinen Fehler gemacht, indem wir, nachdem im Gefäße II der specifische Magnetismus von Kobaltoxydhydrat, Nickeloxyd,

1) Numerische Vergleichung des Magnetismus des Sauerstoffgases und des Magnetismus des Eisens. Ann. LXXXIII, p. 113.

Wismuth und Phosphor einerseits und Eisenoxyd anderseits, und in dem Gefäſſe III der speciſche Magnetismus von Eisen und Eisenoxyd verglichen worden war, aus der Zusammenſtellung dieser Bestimmungen den speciſchen Magnetismus der zuerst genannten vier Substanzen abgeleitet haben.

Aus demſelben Grunde bedarf auch meine Bestimmung des speciſchen Magnetismus des Sauerſtoffgases¹⁾ einer kleinen Correction, deren Sinn, bei der großen Verschiedenheit der beiden angewandten Gefäſſe, ich nicht von vorne herein bestimmen möchte und deren Belang jedenfalls schwer zu schätzen ist. Darum habe ich auch die früher, bei Anwendung von ſechs Elementen, gefundene Zahl **3500** nicht ohne Weiteres hier aufgenommen. Wir erhalten für die extremen Werthe des speciſchen Magnetismus des Sauerſtoffgases, bei ſteigender inducirender Kraft, das Verhältnis

$$1 : \frac{J_m}{J'_m} \cdot \frac{\lambda'}{\lambda}$$

indem wir J_m und λ auf Sauerſtoffgas und J'_m und λ' auf Eisen beziehen, also nahe

$$1 : 3,6.$$

73. Schließlich resumire ich die gewonnenen Resultate.

1) Für alle magnetischen und diamagnetischen Substanzen gibt ein und dasselbe allgemeine Gesetz die Intensität des inducirten Magnetismus als Function der erregenden Kraft. Für jede besondere Subſtanz particularisirt sich dieses Gesetz durch die Werthe zweier Constanten. Von diesen beiden Constanten gibt die eine, bei verschwindender inducirender Kraft, das Verhältnis dieser Kraft zum inducirten Magnetismus (Inductions- Constante), und die zweite bestimmt den Widerstand, welcher sich dem entgegengesetzt, daß der inducirete Magnetismus der inducirenden Kraft proportional wächst (Widerstands- Constante).

2) Für jede Subſtanz gibt es einen Sättigungspunkt,

1) S. die eben citirte Abhandlung, S. 114.

dem sie sich bei zunehmender inducirender Kraft immer mehr nähert.

3) Die diamagnetischen Substanzen (Wismuth, Phosphor) verhalten sich, bei gerade entgegengesetzter Wirkung auf die inducirenden Magnetpole, was das Gesetz über die Intensität ihrer Erregung betrifft, vollkommen ebenso wie die magnetischen Substanzen. Dieses gleiche Verhalten zwingt uns, nach meiner Ansicht, anzunehmen, daß der Zustand eines diamagnetisch erregten Körpers von dem Zustande eines magnetisch erregten, an und für sich, in keiner Weise verschieden ist, daß ferner Polarität auch bei der Erregung diamagnetischer Substanzen vorhanden ist, diese aber durch eine Induction, entgegengesetzt derjenigen, welche bei magnetischen Körpern stattfindet, hervorgerufen wird.

4) Die das Gesetz der Induction darstellenden Curven für die diamagnetischen Substanzen werden von beiden Seiten von Curven für magnetische Substanzen umgeben. Sie zeigen, daß der Widerstand, welcher sich der Erregung diamagnetischer Substanzen entgegenstellt, geringer ist als bei den meisten magnetischen Substanzen; daß er aber keineswegs verschwindet, im Gegentheile größer ist als beim Sauerstoffgase und beim Kobaltoxyhydrat. Herr W. Weber setzt den Unterschied der magnetischen und diamagnetischen Substanzen darin, daß in letztern die elektrischen Molecularströme, einmal erregt, keinen «Widerstand» finden und gründet darauf seine Theorie des Diamagnetismus. Er sagt auch, daß «kein Scheidungswiderstand» in diamagnetischen Körpern vorhanden ist.¹⁾ Daraüber aber habe ich keinen Aufschluß gefunden, ob er diesen Scheidungswiderstand (der eben unser Widerstand ist) mit dem, was er schlechthin Widerstand nennt, als gleichbedeutend betrachtet, oder wenigstens das gleichzeitige Verschwinden beider im Wismuth als eine theoretische Notwendigkeit ansieht. In diesen Voraussetzungen würden unsere Resultate mit seiner Theorie im Widerspruche seyn.

1) Maafbestimmungen p. 543 und 545.

5) Von dem *specificischen Magnetismus* einer Substanz kann, in der allgemeinen Bedeutung, wie man von *specificischem Gewichte* spricht, *nicht* die Rede seyn. — Kobalt ist gerade so stark magnetisch als Eisen, wenn wir einer bestimmten magnetischen Kraft uns bedienen, welche, ihrer Gröfse nach, zwischen denjenigen beiden liegt, welche durch ein *Grove'sches Element* und durch zwei Elemente hervorgerufen werden. Bei einer gröfsen magnetischen Kraft ist Eisen, bei einer kleinern, Kobalt *stärker* magnetisch. Vergleichen wir den *specificischen Magnetismus* des *Kobaltoxyhydrats* mit demjenigen des *Nickels*, so erhalten wir Zahlen, die nahe um das $2\frac{1}{2}$ fache von einander verschieden sind, je nachdem wir ein einzelnes Element oder eine Kette von 16 Elementen anwenden. Der *specificische Magnetismus* (Eisen als Vergleichungspunkt genommen) des *Hydrats* ist, bei der letztgenannten Erregung, doppelt so gross als bei der ersten. Für *Sauerstoffgas* und *Wismuth* sinkt dieses Verhältnis auf etwa 1,9 und 1,8. Hieraus erklärt sich, zum Theil, dass, während Herr *Faraday's* Schätzung des *Magnetismus* des *Sauerstoffgases*, bei nahe gleicher Kraft (und gleicher Beobachtungsweise) mit meiner Bestimmung gut stimmt, andere Physiker für *Sauerstoffgas* und *Wismuth* viel kleinere Zahlen finden.¹⁾.

6) Der Wechsel von magnetischer Anziehung und diamagnetischer Abstösung bei Gemengen von magnetischen und diamagnetischen Substanzen erklärt sich vollständig aus der Aenderung des *specificischen Magnetismus* mit der Gröfse der *inducirenden Kraft*. — Wenn wir 10 Millionen Theile *Wismuth* und 310 Theile *Eisen* mengen und mit dem Gemenge unsere Fläschchen füllen, so beobachten wir weder Anziehung noch Abstösung, falls wir einen Strom an-

1) Ich kann meine Bedenken gegen die Anwendung der *Schwingungsmethode* zur Bestimmung des *specificischen Magnetismus* der Körper nicht unterdrücken. Diese bestehen nämlich 1) in der dabei stets sich ändernden Intensität des *inducirten Magnetismus* und 2) in der Hervor-rufung endlicher elektrischer Strömungen im Innern des schwingenden Körpers, auf welche der *inducirende Magnet* einwirkt.

wenden, der doppelt so stark ist als derjenige, der einem Grove'schen Elemente entspricht; bei einer kleinern Kraft wird das Gemenge *angezogen*, bei einer grössern *abgestossen*. Diese Abstossung, wie jene Anziehung, können, wir für eine gegebene Kraft berechnen. Bei Anwendung eines Grove'schen Elementes ist die Anziehung nahe ein Drittel Mal so gross als diejenige Abstossung, welche, bei gleicher Kraft, stattfinden würde, wenn das ganze Gefäss mit Wismuth gefüllt wäre; bei Anwendung einer Kette von 6 Elementen erhalten wir, statt der eben bestimmten Anziehung, eine ihr nahe gleiche Abstossung; bei einer Kette von 16 Elementen endlich eine Abstossung, die ungefähr $\frac{2}{3}$ derjenigen ist, die reines Wismuth bei einem Elemente erfährt ¹⁾). Die Resultate würden stärker hervortreten, wenn Wismuth mit Nickel, statt mit Eisen, gemengt würde. Sie würden, bei einer Mengung mit Kobaltoxydhydrat, im entgegengesetztem Sinne auftreten; das heisst, wenn bei irgend einer Stromstärke Wismuth und das Hydrat in solcher Proportion gemengt würden, dass Abstossung und Anziehung sich aufhöben, so würde, bei geringerer Stromstärke, Abstossung, bei grösserer Anziehung des Gemenges stattfinden.

7. Diejenigen Substanzen, welche der Magnetisirung einen geringeren Widerstand entgegensetzen, scheinen auch den einmal angenommenen Magnetismus leichter (im Sinne des Stahls) festzuhalten. Wenigstens finde ich vom reinen Nickel angegeben, dass es keinen Magnetismus behalte, während unser Kobaltoxydhydrat dieses thut; ebenso Sauerstoffgas, das, wie ich zuerst bemerkte habe, in einer indifferenten Glaskugel durch Commutation der Pole, von dem Elektromagneten nach unserem Belieben angezogen und abgestossen wird. Dasselbe habe ich endlich für Wismuth aus meinen Versuchen gefolgert, wogegen nur der Zwei-

1) Die genauen Verhältniszahlen sind nach der letzten Tabelle:

$$\frac{310 - 236}{236} = 0,32$$

$$\frac{405 - 310}{236} = 0,40$$

fel erhoben worden ist, ob nicht vielleicht die beobachtete Erscheinung inducirten galvanischen Strömen zuzuschreiben sey. Doch ich will hier einer späteren Mittheilung »über das Wesen der Coercitivkraft« nicht vorgreifen.

8. Nach Abschluß der gegenwärtigen Abhandlung wurde ich darauf aufmerksam gemacht, daß Herr Lallemand, um die Intensität eines durch einen galvanischen Strom in einer Spirale hervorgerufenen Inductionsstroms aussudrücken, dieselbe Function der inducirenden Kraft gefunden hat, als nach dem Vorhergehenden sich für die Intensität des durch Induction hervorgerufenen Magnetismus ergiebt ¹⁾. Diese Uebereinstimmung mußte mich überraschen. Wenn die beiderseitigen Resultate nicht bloß Annäherungsgesetze, sondern wirkliche Gesetze der Natur sind, so ist bewiesen, daß, wenn wir Magnetismus durch Ampère'sche Molecularströme erklären, diese Ströme denselben Erregungsgesetzen unterworfen sind, als endliche galvanische Ströme. Was aber auch, abgesehen von jeder Theorie, die geheimnißvolle Thätigkeit, die im galvanischen Strome einerseits, im Magnetismus andererseits sich offen-

1) *Ann. de Chimie et Physique 3^{me} série, T. XXII., p. 19.* In der deutschen Uebersetzung »Ueber die gegenseitige Anziehung und Abstoßung augenblicklicher Ströme« heißt es

»Nach mehreren fruchtbaren Versuchen, durch ein empirisches Gesetz das Verhalten der beiden Intensitäten mit hinreichender Annäherung auszudrücken, fand ich, daß der Bogen, dessen Tangente gleich der Intensität des inducirenden Stromes ist, mit großer Genauigkeit die Intensität des secundären Stromes ausdrückt. Wenn man bedenkt, daß die Versuche von dieser Art unter ziemlich ungünstigen Bedingungen angestellt werden, so ist die Uebereinstimmung so vollkommen, daß ich nicht anstehe, das so bestimmte Verhältnis als den wahren Ausdruck des Phänomens zu betrachten; man hat also, wenn man durch *J* die Intensität des inducirenden, durch *D* die Intensität des secundären Stromes und durch *K* eine Constante bezeichnet:

$$J = KTgD.$$

Krönig Journal für Physik des Auslandes, Bd. III., p. 147.

Eine neue Prüfung dieses Resultats scheint mir sehr wünschenswerth und dann eine Wiederholung der Versuche mit Strömen, die in Drähten von verschiedenen Metallen und überhaupt von verschiedener Leitungsfähigkeit inducirt werden, in theoretischer Hinsicht von großer Bedeutung.

bart, ihrem wahren Wesen nach seyn möge: so viel steht hiernach fest, dass sie immer Aeußerung ein und derselben Naturkraft ist.

Indem ich diese Abhandlung schliesse, kann ich nicht unerwähnt lassen, dass Herr Th. Meyer mir in meinen Experimentaluntersuchungen mit unermüdlichem Eifer als Assistent behülflich gewesen ist.

Bonn, den 24. October 1853.

II. *Theorie des elektrischen Rückstandes in der Leidener Flasche; von R. Kohlrausch.*

Die Lösung eines wichtigen elektrischen Problemes machte es nothwendig, ein Gesetz für die Bildung des elektrischen Rückstandes in der Leidener Flasche aufzusuchen. Nachdem zu diesem Zwecke das in diesen Annalen Bd. 88, S. 497 beschriebene Sinuselektrometer construirt, und mit dessen Hülfe und mit Hülfe eines im gegenwärtigen Aufsatze angeführten Multiplicators das Thatsächliche der Erscheinung einem genauen Studium unterworfen war (§. 1 bis 8), ergab sich bald (§. 9), dass die bisherige Erklärungsweise schwerlich Anspruch auf Richtigkeit machen könne. Es wurde deswegen versucht (§. 10), einen anderen Grund für die Entstehung des elektrischen Rückstandes aufzusuchen, und es gelang (§. 11), auf die neuen Annahmen gestützt, ein Zahlengesetz für die Bildung desselben aufzufinden, welches zu practischen Anwendungen (§. 12) zu gebrauchen war.

Die neue Hypothese wird einer strengen Kritik bestens empfohlen, denn solche Hypothesen, welche, wie diese, durch ihre ziemlich ausgedehnte Anwendbarkeit etwas Bestechendes haben, müssen unter guter Aufsicht gehalten werden, gesetzt auch, die Anwendungen würden aus Bescheidenheit noch nicht versucht. Mag man aber auch die in §. 10

aufgestellte Erklärungsweise verwerfen, die angeführten Thatsachen und die Anwendbarkeit der Rechnung auf sie werden nicht bestritten werden, und auf diese Paragraphen mag sich also die Ueberschrift des Aufsatzes beziehen.

Wenn eine Leidener Flasche geladen steht, so bemerkst man eine beständige Abnahme der Spannung an ihrem Knopfe. Bedient man sich bei dieser Beobachtung geeigneter Elektrometer, so muß es auffallen, daß diese Abnahme kurz nach der Ladung so viel beträchtlicher ist als nach Verlauf von einiger Zeit, und es entsteht die Vermuthung, daß der Erscheinung noch eine andere Ursache als der Elektricitätsverlust an die Luft zum Grunde liege.

Zur Entscheidung dieser Frage ist zunächst nöthig, die Curve, in welcher die Dichtigkeit der Elektricität an dem Knopfe der Flasche abnimmt, mit Genauigkeit zu bestimmen, um so mehr, als an diese Curve die Vermuthungen über die Natur einer anderweitigen Ursache geknüpft werden müssen. Es sind also zunächst solche Curven zu beobachten.

Will man die Beobachtung recht rein und fibersichtlich erhalten, so muß man dafür sorgen, daß die Ladung der Flasche nicht allmäßig, sondern daß sie momentan geschehe, damit man nicht in Ungewissheit über das bleibe, was während der allmäßigen Aufhäufung der Elektricität geschieht; auch muß man ein Elektrometer anwenden, welches vom Momente der Ladung an die Spannung beobachten läßt. Das erste erreicht man, wenn man die Flasche mit einer schon geladenen Flasche oder einer Batterie aus mehreren Flaschen verbindet, das zweite, indem man sich des Sinuselektrometers bedient, und dabei das Bd. 88, S. 508, δ. dieser Annal. angegebene Verfahren einschlägt.

Um den Gang der Betrachtung nicht zu sehr zu unterbrechen, habe ich in dem Anhange I. die Beobachtungsweise für eine solche Curve, und zwar für die in der bald folgenden Tabelle α enthaltene, ausführlich geschildert, und

gebe hier nur die Resultate, dieses aber sogleich für drei verschiedene Ladungsapparate *a*, *b* und *c*, weil uns deren weitere Berechnung später dienen soll.

a. Eine gewöhnliche Leideiner Flasche mit Stanniolbelegungen von etwa $\frac{1}{2}$ Quadratfuß; die Flasche in Form eines Zuckerglases.

b. Eine dicke Flasche mit engem kurzem Halse, wie sie zum Aufbewahren der Reagentien dienen. Der Hals war innen und außen in der Hitze mit Siegellack überzogen, die Flasche bis dahin mit Quecksilber gefüllt und ebenso außen mit einer zolldicken Schicht von Quecksilber umgeben. Damit die Flasche nicht schwamm, war sie durch seitlich zugespitzte eiserne Schrauben in dem cylindrischen hölzernen Troge in bestimmter Höhe festgeklemmt.

c. Eine dicke rechteckige Spiegelplatte war am Rande zwei Zoll weit von der Spiegelfolie befreit, auf der andern Seite, der gebliebenen Folie entsprechend, mit Stanniol beklebt und der Rand beiderseitig mit Siegellack überzogen. Beim Versuche wurde sie mit der Stanniolseite auf ein Metallblech gelegt, die andere Seite aber, welche mit dem Elektrometer verbunden war, elektrisiert.

Bei diesen drei Ladungsapparaten, den beiden Flaschen *a* und *b* und der Franklin'schen Tafel *c*, war die eine Belegung sorgfältig abgeleitet, d. h. mit der nassen Erde des Gartens durch einen Draht verbunden. In den mit denselben Buchstaben *a*, *b* und *c* überschriebenen Tafeln finden sich die Resultate der Beobachtung. In der mit *t* überschriebenen Spalte ist die Zeit nach dem Momente der Ladung angemerkt, ausgedrückt in Sekunden. Die Spalte *L*, enthält die Gröſſe der Ladung, wie sie vom Sinuselektrometer angegeben wurde.

Tab. a. Grundziffer		Tab. b. basis abhängig		Tab. c. Abhängig	
<i>t</i>	<i>L_t</i>	<i>t</i>	<i>L_t</i>	<i>t</i>	<i>L_t</i>
0	0,4742	0	1,4968	0	0,5559
18	0,4133	5	1,4120	6	0,5266
50	0,3896	24	1,3221	43	0,4918
110	0,3692	59	1,2640	71	0,4843
160	0,3516	91	1,2256	133	0,4677
215	0,3461	114	1,2060	193	0,4566
265	0,3373	144	1,1826	256	0,4446
330	0,3290	188	1,1552	328	0,4368
382	0,3223	230	1,1326	423	0,4268
450	0,3141	282	1,1093	531	0,4166
523	0,3080	341	1,0854	620	0,4097
577	0,3029	406	1,0608	715	0,4027
680	0,2951	485	1,0354	864	0,3918
		573	1,0093		
		683	0,9823		
		804	0,9543		
		935	0,9254		
		1105	0,8954		
		1285	0,8643		
		1505	0,8317		
		1770	0,7977		
		2070	0,7622		
		2430	0,7247		
		2870	0,6851		
		3420	0,6429		
		4110	0,5977		
		4980	0,5486		
		5370	0,5266		

Die mittelste dieser Beobachtungen, nämlich die Resultate der Tafel *b* sieht man in graphischer Darstellung Fig. 2, Taf. II, in der Linie *L_t*. Die Curven der beiden anderen Beobachtungen sind nicht gezeichnet.

Im Ganzen haben diese Curven eine ziemliche Aehnlichkeit mit Parabeln, doch genügen sie einem constanten Parameter nur auf kürzere Strecken. Das sieht man aber auf den ersten Blick, dass sie nicht von dem Elektricitätsverluste an die Luft herrühren können, sie sind dazu viel zu gekrümmmt. Hält man sich z. B. an die Angaben der Tab. *b* und wollte annehmen, dass allein durch den Elektricitätsverlust an die Luft die Ladung, welche im ersten Augenblicke 1,4968 nach dem willkürlichen Maafse des Sinuselektrometers betrug, in 5370 Sekunden auf 0,5266

gebracht sey, so würde in der graphischen Darstellung die Gestalt der so entstandenen Curve durch die punktierte Linie N bezeichnet seyn ¹⁾), in welcher die dickeren Punkte berechnet sind.

2.

a. Thatsache. Die Frage, welche andere Ursache als der Elektricitätsverlust an die Luft das anfänglich so rasche Herabsinken der Spannung am Knopfe der Flasche bewirkt haben könne, findet alsbald eine Art von Beantwortung, wenn wir sehen, dass die nachher durch metallische Verbindung beider Belegungen mit der Erde vollkommen entladene Flasche nach kurzer Zeit wieder eine mehr oder weniger beträchtliche Ladung und zwar von derselben Elektricitätsart zeigt. Wir schliessen daraus, dass ein Theil der zuerst mitgetheilten Elektricitätsmenge sich irgend wohin begeben habe oder sonst in Verhältnisse gerathen sey, wo er gar nicht mehr oder doch nur schwächer auf die Spannung am Knopfe wirken konnte und zugleich verhindert

1) Dies ergiebt sich so. Ist L_0 die anfängliche Ladung eines isolirten leitenden Körpers, so ist

$$dL_t = -\alpha L_t dt,$$

wobei α eine von dem Zustande der Luft abhängige Constante bedeutet. Die Integration von $t=0$ bis $t=t$ ergiebt

$$\log. \text{nat. } \frac{L_t}{L_0} = -\alpha t.$$

Hat man durch die Beobachtung

$$L_0 = 1,4968 \quad L_t = 0,5266,$$

so ist

$$\alpha = 0,0001945 \dots$$

und da andererseits

$$L_t = L_0 e^{-\alpha t},$$

so kann man die zwischen dem Anfangs- und Endzustande liegenden Ladungen für alle t leicht berechnen und eine Curve wie die punktierte der graphischen Darstellung herstellen. So ergiebt sich hieraus, dass für die Zeiten t die Curve folgende Ordinaten 0 haben müste.

	t	0.
59	1,4797	2070 1,0071
114	1,4640	3420 0,7696
573	1,3389	4110 0,6714
1105	1,2073	5370 0,5266.

wär, an der Entladung Theil zu nehmen, und schieben auf diesen Umstand das rasche und dem Elektricitätsverluste an die Luft nicht entsprechende Sinken der Spannung am Knopfe.

β . *Thatsache.* Außerdem zeigt sich noch folgende Erscheinung. Hat eine Ladung längere Zeit in der Flasche gestanden und man nimmt ihr nun einen beträchtlicheren Theil der Elektricität, so dass die Spannung sprungweise geringer wird, so sieht man unmittelbar nachher diese Spannung je nach den Umständen entweder sehr langsam sinken, oder erst stehen und dann sinken, oder meistentheils eine zeitlang erst steigen, dann stehen, dann erst wieder sinken.

Halten wir die Thatsachen α und β zusammen, so werden wir gezwungen seyn, die gesammte Elektricitätsmenge Q , welche sich in der Flasche befindet, in zwei Theile getheilt zu denken, von denen der eine L entladen werden kann und deswegen »die disponibile Ladung« genannt werden soll, der andere r an der Entladung Theil zu nehmen verhindert ist und erst nach der Entfernung oder Schwächung der disponiblen Ladung ganz oder theilweise zum Vorschein kommt, d. h. sich in disponibile Ladung verwandelt.

Man hat diesen zweiten Theil r das *Residuum* oder den *Rückstand* genannt und wir wollen das Wort beibehalten und mit »verborgenem Rückstand« diese Menge bezeichnen, während sie in der geladenen Flasche gewissermaßen verschwunden ist, mit »wieder aufgetretenem Rückstand« den Theil dieser Menge, welcher nach der Entladung wieder zum Vorschein gekommen ist¹⁾.

Die Beobachtung des wieder auftretenden Rückstandes geschieht wohl am passendsten wieder mit dem Sinuselek-

1) Man würde den verborgenen Rückstand der Erscheinung gemäss recht gut »latenter« nennen können, wenn dieses Wort nicht schon anderswo einen Zustand bezeichnete, von dem man aber gar nichts weiß. Hier aber wird mit dem verborgenen Rückstand ein ganz bestimmter Begriff verbunden werden.

trometer, indem man unmittelbar nach der Entladung der Flasche das Elektrometer mit dem Knopfe in Verbindung setzt. Dann sieht man, wie sogleich die Nadel anfängt aus dem Meridian abzuweichen und indem man durch Drehen des Gehäuses ihr folgt und die Ablenkungen abliest, ergeben sich wieder hinreichend nahe an einander gelegene Punkte, welche die Natur der Curve bestimmen durch welche die wachsende Ladung der Flasche repräsentirt wird. Die Ordinaten dieser Curve wachsen im Anfange am raschesten, so dass hier dieselbe wieder einer Parabel nicht unähnlich ist; doch tritt desto eher, je größer der Elektricitätsverlust an die Luft ist, ein Zeitpunkt ein, wo dieses Wachsen in ein Abnehmen übergeht. Dieser Wendepunkt bezeichnet den Moment, wo das Hervortreten des Rückstandes gerade aufgewogen wird durch den Elektricitätsverlust. Ist der letztere wegen der Natur der Flasche sehr gering, so dauert das Wachsen viele Stunden, und Stunden lang scheint dann die Ladung fast unverändert, während erst in einer Reihe von Tagen allmälig die Entladung bewirkt wird. Ist aber der Verlust an die Luft oder wegen schlechter Isolation gegen die Elektricitätsmenge der Flasche groß, so sieht man die eben noch in steilem Ansteigen begriffene Curve plötzlich herabgebogen. Bilder von solchen Curven sieht man Taf. II. Fig. 2, ρ graphisch dargestellt.

Entladet man den hervorgetretenen Rückstand, so sieht man eine zweite kleinere Rückstandscurve entstehen, ein Beweis, dass wieder ein verborgener Rückstand vorhanden war, und das kann man eine Reihe von Malen so fortsetzen.

Diese Wiederholung des Entladens ist das einzige Mittel zu erfahren, wie viel von einer Ladung sich in einen verborgenen Rückstand r umgewandelt hat. Um dabei den Elektricitätsverlust auf ein Minimum zu beschränken, bedient man sich einer Magnetenadel von sehr kleinem magnetischen Momente und beobachtet bei kleinem Winkel α zwischen dieser Nadel und dem abstosenden Arm. Dann

lässt man immer nur so viel vom Rückstande auftreten, daß man mit Sicherheit beobachten kann, entladet ¹⁾), liest den Winkel am Instrumente ab und setzt dies Verfahren so lange fort, als man noch irgend meßbare Ladungen erhält. Obschon dies Verfahren häufig sich durch mehrere Stunden hinzieht, so ist doch, gegen den ganzen Rückstand gerechnet, der Elektricitätsverlust gering. Der größte Theil des Rückstandes tritt nämlich anfänglich sehr rasch hervor, so daß man zuweilen in der ersten Minute schon mehrere Mal entladet, wenn man es nur bis zu 1 oder 2 Grad Ablenkung des Elektrometers kommen läßt, welches letztere man zweckmäßiger Weise vorher schon auf diesen Winkel gestellt hat. Reducirt ²⁾ man nachher die Angaben, welche das Instrument bei Anwendung dieser schwachen Magnetnadel und dem kleinen Beobachtungswinkel α gemacht hat, auf die starke Nadel und den größeren Winkel α , deren man sich zur Beobachtung der ursprünglich mitgetheilten Ladung und deren Sinken, also zur Herstellung der Tabellen a , b und c bedient hat, so hat man den freilich noch von dem Einfluß des Elektricitätsverlustes zu befreien Rückstand r in der Summe $\varrho + \varrho' + \varrho'' + \dots$ der einzelnen aufgetretenen Rückstände.

Zu den in §. 1 gegebenen Tabellen a , b und c gehören also, um die Grundlagen zu einer Berechnung zu bekommen, noch die entsprechenden a' , b' und c' . Es wurden nämlich zu den Zeiten, wo dort die letzte Beobachtung angegeben ist, die Apparate vollständig entladen, indem durch einen Draht die innere Belegung auf etwa eine halbe Sekunde mit der Erde des Gartens in Verbindung gesetzt wurde. Zugleich wurde der Zuleitungsdrat des Elektrometers von der Flasche entfernt, die neue Magnetnadel aufgelegt und der neue Winkel α eingerichtet. Nach wiederhergestellter Verbindung zwischen Flasche und Instrument, welche durch einen isolirenden Griff am Zulei-

1) Hierbei vor Allem muß die äußere Belegung sehr gut abgeleitet seyn, denn sonst ist die Entladung illusorisch.

2) Diese Annalen Bd. 88, S. 497, §. 3 u. 9.

tungsdräht geschah, notirte ein zweiter Beobachter die Zeiten der einzelnen Entladungen. Diese finden sich in den Spalten t , angegeben in Sekunden und gerechnet vom Momenten der ersten Entladung. Unter ϱ' sind die einzelnen wieder aufgetretenen Rückstände zu verstehen.

Tab. a'.

t	ϱ'
65	0,0443
153	0,0166
270	0,0158
535	0,0138
835	0,0109
1615	0,0109
3893	0,0109
5935	0,0075
Summe	
	0,1307

Tab. b'.

t	ϱ'
255	0,1131
990	0,0763
2250	0,0565
5040	0,0538
8760	0,0375
13740	0,0301
37140	0,0207
73140	0,0107
Summe	
	0,3987

Tab. c'.

t	ϱ'
34	0,0265
169	0,0101
288	0,0101
479	0,0101
794	0,0101
1234	0,0080
12034	0,0109
Summe	
	0,0858

3.

Es tritt nun zunächst die Frage in den Vordergrund, was wir denn eigentlich mit dem Sinuselektrometer gemessen haben. Nach meiner Ueberzeugung sicherlich dasselbe, wenigstens den Verhältnissen nach, was wir bekommen haben würden, wenn wir in den entsprechenden Augenblicken dieselbe Stelle des Knopfes der Flasche geprüft hätten. Das Elektrometer ist ja in seiner Verbindung mit der inneren Belegung der Flasche weiter nichts als eine Fortsetzung des Knopfes.

Dennoch aber haben wir in §. 1 gesehen, dass die Angaben des Elektrometers keinesweges der in der Flasche sicherlich vorhandenen Elektricitätsmenge proportional waren, dass vielmehr ein Theil dieser Elektricität gewissermassen latent wurde, d. h. für die Spannung am Knopfe verloren ging, und schoben die Erscheinung auf den verborgenen Rückstand, der sich gebildet hatte. Es könnte gewagt erscheinen, ohne weiteres anzunehmen, es sey das, was wir nach der Entladung der Flasche als Rückstand r auftreten sehen, rein so zu betrachten, als sey es auch während der Ladung ganz unwirksam auf die Spannung der

der Elektricität am Knopfe gewesen. Erklärt man sich, wie meist geschieht, den Rückstand dadurch, dass man annimmt, es dringe mit der Zeit ein Theil der Elektricität bis zu einiger Tiefe in das Glas ein, so würde es am natürlichen scheinen, die Spannung am Knopfe einer Flasche, in welcher sich ein elektrischer Rückstand gebildet hat, weder der ganzen in ihr enthaltenen Elektricitätsmenge proportional zu setzen, noch der für einen Entladungsstrom disponiblen Ladung, sondern vielmehr einem Mittelding von beiden. Jedenfalls aber haben wir zuerst zuzusehen, wie die Sache selbst sich verhalte.

Um diese Frage zu entscheiden, musste dieselbe elektroskopisch gemessene Spannung einer geladenen Batterie, einmal, wenn diese einen möglichst geringen, das andere Mal, wenn sie einen grofsen Rückstand verborgen enthielt, mit der disponiblen Ladung verglichen werden, letztere aber gemessen auf anderem als elektroskopischem Wege. Zu einem solchen bot sich der Entladungsstrom in seinen thermischen oder magnetischen Wirkungen. Es wurden die letzteren gewählt.

In der Anlage II. ist der kleine Multiplicator beschrieben, welcher zu diesem Zwecke diente, und dessen mit Spiegel versehene Magnetnadel nach Art der Magnetometer mit Scale und Fernrohr in ihren Bewegungen beobachtet wurde; auch ist dort die kleine Vorrichtung angegeben, durch welche man bewirken konnte, dass die innere und äussere Belegung der Batterie in dem vom Sinuselektrometer vorgeschriebenen Augenblicke auf eine so kurze Zeit durch den Multiplicatordraht verbunden wurden, dass die Entladung der disponiblen Elektricität vollständig geschah, von dem gebildeten Rückstand aber kein messbarer Theil unterdesseu zum Vorschein kommen konnte.

Leitet man durch einen solchen Multiplicator den durch Einschaltung einer Flüssigkeit verzögerten Entladungsstrom einer Leidener Flasche oder einer Batterie von solchen Flaschen, und geschieht die Entladung, wie in unserem Falle, in einem kleinen Theile einer Sekunde, mithin in

einem sehr kleinen Bruchtheile der Schwingungsdauer der Nadel, so kann man die Wirkung des Stromes als einen momentanen Stoß betrachten, durch welchen der in der Ruhelage befindlichen Nadel plötzlich eine gewisse Drehungsgeschwindigkeit C mitgetheilt wird. Dieser Geschwindigkeit ist die Stärke des Stoßes, also hier auch die durch den Multiplikator fließende disponibile Ladung der Flasche, proportional. Nun hat W. Weber in seinen *elektrodynamischen Maassbestimmungen* (insbesondere *Widerstandsmessungen* p. 346) eine Formel angegeben und abgeleitet, nach welcher bei den mit Dämpfung versehenen Multiplikatoren jene Geschwindigkeit C aus der ersten Elongation x der Nadel bestimmt wird. Sie lautet:

$$C = x \cdot \frac{\pi}{T} \cdot e^{\frac{\lambda}{\pi}} \text{ arc tang } \frac{\pi}{\lambda}.$$

Da für denselben Multiplikator die Schwingungsdauer T der Nadel und das logarithmische Decrement λ constant sind, so ist hier einfach die Geschwindigkeit C , also auch die Größte der disponiblen Ladung der Batterie, proportional der ersten Elongation x der Nadel, welche man wiederum bei ihrer Kleinheit der Anzahl der im Fernrohr zur Ablenkung gebrachten Scalentheile proportional setzen darf.

Die Beobachtungen waren folgende:

Eine Batterie von etwa 3 Quadratfuß Belegung, in welcher kein Rückstand sich befand, wurde geladen, das Sinuselektrometer eingestellt, und in dem Augenblicke, wo dieses nach seinem willkürlichen Maafse die Ladung 2,673 angab, die Entladung durch den Multiplikator vorgenommen. Die erste Elongation betrug 44,0 Scalentheile. Zwischen der Ladung und Entladung waren anderthalb Minuten verstrichen und der nachher in der Batterie gesammelte Rückstand betrug 0,14. Die Wiederholung dieses Versuches lieferte für die erste Elongation im einen Falle, wo die Nadel vorher nicht vollkommen in Ruhe war, 43,8, im folgenden 44,1 Scalentheile. In diesen beiden letzteren

Fällen wurde der Rückstand nicht besonders nachher gemessen.

Jetzt blieb die stark geladene Batterie 50 Minuten mit ihrer Ladung stehen, nämlich so lange, bis das Sinuselektrometer wieder die Ladung 2,673 angab, und wurde dann entladen. Drei solche Versuche zeigten für die erste Elongation der Nadel 44,0, — 44,1, — 44,1 Scalentheile.

Drittens endlich stand eine sehr starke Ladung 210 Minuten in der Batterie, musste dann noch bedeutend geschwächt werden, bis sich die vorgeschriebene Ladung 2,673 zeigte, und lieferte 44,0 Scalentheile für die erste Elongation. In kurzer Zeit trat 0,754 als Rückstand hervor und es wurde das weitere Aufsammeln des Rückstandes, welches nach Schätzung etwa die doppelte Menge ergeben haben würde, unterbrochen, weil die Versuche entscheidend genug ausgefallen waren.

Da also der verborgene Rückstand ohne allen Einfluss zu seyn schien, wurde sich bei den folgenden Versuchen gar nicht um ihn bekümmert. Es wurde eine andere Batterie genommen und die Wirkung der Entladung bei verschiedenen Angaben des Elektrometers untersucht. In der ersten Spalte der folgenden kleinen Tabelle findet man die Ablenkung φ der Magnetnadel des Sinuselektrometers; in der zweiten die Quadratwurzel aus dem Sinus dieses Winkels, welcher nach Angabe dieses Instrumentes die Ladung proportional seyn soll, aber diesesmal nicht auf die gewöhnliche Einheit des Instrumentes reducirt; in der dritten und vierten Spalte steht die beobachtete erste Elongation E der Nadel des Multiplicators in Scalentheilen; in der fünften die aus der stärksten Ladung berechnete Anzahl dieser Scalentheile, wie sie bei vollkommener Uebereinstimmung beider Instrumente hätte ausfallen müssen, und in der sechsten Spalte die Differenz d , angegeben in Theilen der Ladung.

φ	$\sqrt{\sin \varphi}$	E	Mittel	Ber.	d
1° 18' 1')	0,1505	10,8	10,8	10,85	- 0,0046
8 45	0,3900	28			
		27,9	27,92	28,12	- 0,0071
		27,8			
		28			
26 57	0,6732	48,5	48,5	48,53	- 0,0006
		48,5			
79 15	0,9911	73	72,75	72,75	0
		72,5			

Diese Versuche lassen in der That keinen Zweifel darüber, dass die zu einem Entladungsstrome disponibile Elektricität vom Sinuselektrometer in ihren Verhältnissen richtig angegeben wird, *dafs also die disponibile Ladung in Wirklichkeit der Spannung der Elektricität am Knopfe der Flasche proportional ist*. Dieselben Versuche und mit demselben Erfolge sind an der Franklin'schen Tafel gemacht. Will man aus dem Umstände, dass die Differenzen zwischen den berechneten und beobachteten Resultaten alle dasselbe Zeichen haben, den Schluss ziehen, dass bei den stärkeren Ladungen, die auch darum einen stärkeren Rückstand haben, weil sie zuletzt angestellt sind und es länger gedauert hat bis das Elektrometer eingestellt wurde, dennoch ein Theilchen dieses Rückstandes trotz der kurzen Entladungszeit den Multiplikator durchflossen habe, so ist dagegen nichts einzuwenden, doch könnten auch andere Ursachen vermutet werden.

4.

Da wir nun die Ueberzeugung gewonnen haben, dass das Sinuselektrometer die disponiblen Ladungen derselben Flasche richtig mit einander vergleicht, so können wir dasselbe zum Messen dieser Ladungen gebrauchen, wenn wir irgend eine von diesen als Einheit festsetzen. Das Elektrometer hat bereits seine eigene Maasseinheit. Es ist das (diese Annalen Bd. 88, S. 502) diejenige Elektricitätsmenge, welche in dem Instrumente sich befinden muss, damit bei einem bestimmten kleinen Beobachtungswinkel α zwischen

1) Diese Ladung bestand aus einem wieder hervorgetretenen Rückstand.

dem abstossenden Arm und der Magnetnadel, die letztere rechtwinklich gegen den Meridian gestellt wird, und auf diese Einheit werden alle Angaben des Instrumentes bei Anwendung verschiedener Nadeln und verschiedener Beobachtungswinkel α reducirt. Wählen wir deshalb zur Einheit, nach welcher wir die disponiblen Ladungen einer bestimmten Flasche messen wollen, diejenige Elektricitätsmenge, welche als disponibile Ladung in dieser Flasche vorhanden seyn muss, damit das mit ihr verbundene Elektrometer gerade seine eigene Einheit anzeigt, so dienen die Zahlenangaben des letzteren unmittelbar als die Maasse der disponiblen Ladungen für diese bestimmte Flasche ¹⁾.

Die in §. 1 in den Tabellen *a*, *b* und *c* beobachteten Curven sind also wirklich die Repräsentanten der als disponibile Ladung *L*, zu den verschiedenen Zeiten *t* in den Ladungsapparaten vorhandenen Elektricitätsmengen, und die in §. 2 Tab. *a'*, *b'* und *c'* aufgesuchten Rückstände *ρ'* bezeichnen in den angegebenen Zahlen ebenfalls Elektricitätsmengen in der Art, dass *a* und *a'* in derselben Maasseinheit ausgedrückt sind, ebenso *b* und *b'*, sowie *c* und *c'* ²⁾.

Die erste Frage, welche wir jetzt zu betrachten haben, ist die, ob Mittel vorhanden sind, aus den gemachten Beobachtungen eine klare Einsicht darüber zu gewinnen, in welchen quantitativen Verhältnissen sich in der geladenen

- 1) Wie man sieht, fehlt es hier noch an einem absoluten Maasse, denn nach dem Gesagten wird jede andere Flasche auch eine andere Elektricitäts-Menge zur Einheit ihrer Ladung besitzen. Soll also das Sinus-Elektrometer die Ladungen verschiedener Flaschen nicht ihrer Spannung am Knopfe, sondern wirklich der Elektricitäts-Menge nach miteinander vergleichen, so ist zuvor nöthig, das Verhältnis der Mengen zu erforschen, welche in den beiden Flaschen als Einheiten angenommen werden. Es kann dies mit Sicherheit geschehen, indem man bei derselben Angabe des Elektrometers die Flaschen einzeln durch den Multiplicator entladet.
- 2) Mehr war zu dem hier vorliegenden Zwecke nicht nöthig. Es hätten durch den Multiplicator die drei verschiedenen Maasseinheiten, welche den Tabellen *a*, *b* und *c* zum Grunde liegen, aufeinander reducirt werden können; dann aber hätten zwei Tabellen nebst deren schon fertiger späterer Verwendung umgerechnet werden müssen, und das schien nicht der Mühe werth.

Flasche der Rückstand bildet. Denn das Sinken der Ladung hat, wie wir jetzt wissen, zwei Ursachen, den Elektricitätsverlust an die Luft und den sich bildenden Rückstand. Ist die Elektricitätsmenge Q_0 der inneren Belegung der Flasche mitgetheilt, welche im ersten Augenblicke die Ladung $L_0 = Q_0$ erzeugt, so entweicht bis zur Zeit t die Elektricitätsmenge v , als Verlust an die Luft¹⁾ , und es entsteht ein verborgener Rückstand r , so dass die disponible Ladung jetzt nur

$$L_t = Q_0 - v - r$$

beträgt, während die überhaupt zu dieser Zeit t noch in der Flasche vorhandene Elektricitätsmenge Q_t durch die Gleichungen

$$Q_t = L_t + r = Q_0 - v$$

ausgedrückt ist.

Die Beobachtung gab uns direct Q_0 und L_t , letzteres wenigstens für die Zeiten t , in welchen die disponible Ladung beobachtet wurde, und es fragt sich, ob wir v , bestimmen können, damit durch die Gleichung

$$r_t = Q_0 - (L_t + v_t)$$

der Rückstand für alle beobachteten t sich ergebe. Das wird, weil die verschiedenen t nahe genug beisammen liegen, zu einer Zeichnung der Rückstandscurve führen, aus der wir die Natur derselben erkennen können; und es entsteht dann, wenn wir erst so weit sind, die Hoffnung, ein förmliches Gesetz aufzufinden, durch dessen Zutreffen mit der Beobachtung die Richtigkeit der Hypothesen wahrscheinlich gemacht wird, welche diesem Gesetze zur Grundlage dienen.

Bestimmen wir also zunächst v .

In Fig. 3, Taf. II. stelle uns *ab* die anfänglich mitgetheilte Elektricitätsmenge $Q_0 = L_0$ vor, *bb'b''b'''...c* die in

1) Wir abstrahieren absichtlich von einem Elektricitätsverluste durch mangelhafte Isolirung des Bandes der Flasche, weil wir sonst den Verlust nicht durchweg der Ladung L_t proportional setzen dürfen. Die Ladung Q_0 darf also nicht stärker genommen werden, als das diese Voraussetzung zulässig ist.

vielen und nahe an einander liegenden Punkten beobachtete Curve der disponiblen Ladung L_t , bezogen auf die Abscissenlinie ad , welche als Repräsentant der Zeit erscheint. Diese ist vom Augenblicke an gezählt, wo die Flasche geladen wurde, und wir haben also nach den Zeiten t_1, t_2, t_3 die disponiblen Ladungen L_1, L_2, L_3 . Nach der Zeit T , welche in der Figur durch die Länge der Linie ad bezeichnet ist, wird die Flasche entladen, mithin die der Linie dc entsprechende Elektricitätsmenge L_r entfernt.

Jetzt treten zu den Zeiten $t = dd', t' = dd', t'' = dd''$ u. s. w. von der in der Flasche als Rückstand verborgenen Elektricität die Menge $\varrho', \varrho'', \varrho'''$ u. s. w. auf, deren Summe

$$\varrho' + \varrho'' + \varrho''' + \dots = \varrho$$

ist.

Wissentlich haben wir also die Elektricitätsmenge $L_r + \varrho$ aus der Flasche entfernt und schliessen nun, dass das, was an der anfänglichen Ladung Q_0 noch fehlt, während der gesamten Zeit der Operationen als Verlust V an die Luft übergegangen ist, so dass wir haben

$$V = Q_0 - (L_r + \varrho).$$

Ist in der Figur $ef = \varrho$, so ist also $fc = V$.

Dieser ganze Verlust V ist nun auf die einzelnen Zeiten zu vertheilen, namentlich zur Bestimmung von r , zu fragen, welcher Theil v , von ihm bis zu den einzelnen Zeiten t stattgefunden hat, in welchen die disponibile Ladung der Flasche gemessen worden ist.

Dieser Ladung ist beständig der Elektricitätsverlust proportional, mithin

$$dv = \alpha L_t dt$$

und die Integration des Ausdrückes rechts zwischen den Gränzen $t = 0$ und $t = t$ würde uns sogleich die Grösse von v , geben, wenn wir α und das Gesetz der Curve L , kennen und die betreffende Formel zu integrieren verstanden.

Nun aber ist klar, erstens, dass diese den Elektricitäts-

verlust betreffende Constante α bei einer Leidener Flasche sich durch nichts im Voraus wird bestimmen lassen, zweitens, dass keine Hoffnung vorhanden ist, ein Gesetz für die Curve der disponiblen Ladung zu finden, bevor man das Gesetz des sich bildenden Rückstandes kennt. In der That, da v , L und r , alle drei von einander abhängig sind, scheint die Aufgabe nur gelöst werden zu können, wenn die Gesetze für alle drei Curven gleichzeitig errathen würden. Aber vorausgesetzt auch, wir besäßen diese Divinationsgabe, so würden dennoch, wie man einsehen wird, wenn man nach Durchlesung des §. 11 die Differentialgleichung für L , hinschreibt, diese in solcher Weise complicirt erscheinen, dass die Integration wohl kaum zu denken ist.

Unter solchen Umständen muss man aus der Noth eine Tugend machen und bei dem Aufsuchen von v , statt eines wirklichen Gesetzes für die Curven der disponiblen Elektricität die beobachtete Curve selbst nehmen.

Es ist nämlich in den \mathcal{Q} genannten aufzulegenden v in \mathcal{Q} und \mathcal{L} in \mathcal{L} ein \mathcal{L} eingesetzt, und \mathcal{L} in \mathcal{Q} ist ausgesetzt.

$$\int_{0}^{t} L_i dt$$

weiter nichts, als das unter der Curve gelegene Flächenstück begrenzt von ihr, der Abscissenlinie und den Ordinaten zu Anfang und Ende von t , und wir sehen sogleich, dass der Elektricitätsverlust während der einzelnen Zeiten

$$t_1 - t_0, t_2 - t_1, t_3 - t_2 \text{ u. s. w.}$$

welche letztere in der Figur durch die Abscissenstücke aa' , $a'b'$, $a''b''$ u. s. w. vorgestellt sind, proportional seyn werde den Flächenräumen

$$abb'a' = \int_{0}^{t_1} L_i dt = f_1; a'b'b''a'' = \int_{t_1}^{t_2} L_i dt = f_2 \text{ u. s. w.}$$

bezeichnet F den ganzen Flächenraum $abb'b''\dots cd$, so dass

$$F = \int_{0}^{t} L_i dt = f_1 + f_2 + f_3 + \dots$$

so ist also αF der Elektricitätsverlust bis zur ersten Entladung der Batterie. Eben so wird der Verlust bei der zweiten Operation, nämlich dem Auffangen der wieder auftretenden Rückstände, proportional seyn den Flächenräumen

$$dg'd' = f'; dg''d'' = f'' \text{ u. s. w.}$$

Stellt φ die Summe dieser Flächenräume $f + f'' + f''' + \dots$ vor, so ist der ganze Elektricitätsverlust während der zweiten Operation dargestellt durch $\alpha\varphi$.

Somit haben wir, da

$$V = \alpha F + \alpha\varphi$$

sogleich

$$\alpha = \frac{V}{F + \varphi}$$

V ist uns durch die Beobachtung gegeben, und so hängt die Kenntniß von α nur von der Kenntniß von F und f ab.

Liegen die zu den Zeiten $t_1, t_2, t_3 \dots$ gemachten Messungen von L , so nahe zusammen, daß die von ihnen begrenzten Curvenstücke als gerade Linien betrachtet werden können, so erscheinen die Flächenräume $f_1, f_2 \dots$ als Trapeze und wir haben

$$f_1 = \frac{L_1 - L_0}{2}(t_1 - t_0); f_2 = \frac{L_2 - L_1}{2}(t_2 - t_1) \text{ u. s. w.},$$

deren Summe F also gefunden werden kann und nur sehr wenig von

$$\int_0^T L_i dt$$

abweichen wird.

Die Flächen $f', f'', f''' \dots$, welche von den Curven der wieder auftretenden Rückstände begrenzt werden, darf man als Dreiecke betrachten ¹⁾), so daß also

$$\varphi = \frac{1}{2} [\varphi'(t' - t'') + \varphi''(t'' - t') + \dots].$$

1) Dieses Verfahren scheint hier ungenauer, da eigentlich statt der Hypothesen dieser Dreiecke convexe Linien zu denken sind und die Beobachtungen nicht so nahe aneinander liegen. Man muß aber bedenken, daß der gesamte Elektricitätsverlust bei dieser zweiten Operation, wenn sie auch lange dauert, gering ist gegen den vor der ersten Entladung erfolg-

Auf diese Art haben wir statt

$$v_t = a \int_0^t L_i dt$$

jetzt

$$v_t = \frac{V}{F + \varphi} \cdot \sum_0^t (f_i)$$

wobei

$$\sum_0^t (f_i) = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_t$$

worin also nichts Unbekanntes mehr ist, sobald jedes t eine der Zeiten der Beobachtung vorstellt.

So berechnen wir uns zu allen beobachteten disponiblen Ladungen L_t , die bis dahin erfolgten Elektricitätsverluste v_t und haben damit, den früheren Gleichungen gemäfs, sowohl die zugehörigen verborgenen Rückstände r_t als auch die Gesamtmengen Q_t , welche zu den verschiedenen Zeiten noch in der Flasche sind. In den drei folgenden Tabellen a'' , b'' und c'' findet man diese Grössen neben den früher gegebenen berechnet, und im Anhange III. einige, diese Berechnung im Einzelnen betreffende Angaben.

Tabelle a'' .

t	L_t	v_t	Q_t	r_t
0	0,4742	0	0,4742	0
18	0,4133	0,0013	0,4729	0,0396
50	0,3896	0,0033	0,4709	0,0813
110	0,3692	0,0069	0,4673	0,0981
160	0,3516	0,0097	0,4645	0,1084
215	0,3461	0,0128	0,4614	0,1153
265	0,3373	0,0155	0,4587	0,1214
330	0,3290	0,0189	0,4553	0,1263
382	0,3223	0,0216	0,4526	0,1303
450	0,3141	0,0250	0,4492	0,1351
523	0,3090	0,0286	0,4456	0,1396
577	0,3029	0,0312	0,4430	0,1401
680	0,2951	0,0360	0,4382	0,1421

ten, dann auch, dass, wenn erst die im Anfange rasch auftretenden Rückstände entfernt sind, wirklich die späteren so auftreten, dass die Curve von einer Graden kaum zu unterscheiden ist. Hat man aber das Versuchen gemacht, anfänglich nicht rasch genug zu entladen, so kann man eine kleine Correction eintreten lassen, wenn man vorher oder nachher die Curve, in welcher der Rückstand hervortritt, an der betreffenden Flasche studirt.

Tabelle b".

t	L_t	v_t	Q_t	r_t
0	1,4968	0	1,4968	0
5	1,4120	0,0009	1,4959	0,0839
24	1,3221	0,0040	1,4982	0,1707
59	1,2640	0,0094	1,4874	0,2234
91	1,2256	0,0141	1,4827	0,2571
114	1,2060	0,0175	1,4793	0,2727
144	1,1826	0,0218	1,4750	0,2924
188	1,1552	0,0279	1,4689	0,3137
230	1,1326	0,0337	1,4631	0,3305
282	1,1093	0,0406	1,4562	0,3469
341	1,0854	0,0484	1,4484	0,3630
406	1,0608	0,0567	1,4401	0,3793
485	1,0354	0,0666	1,4302	0,3948
573	1,0093	0,0774	1,4194	0,4101
683	0,9823	0,0905	1,4063	0,4240
804	0,9543	0,1045	1,3923	0,4380
935	0,9254	0,1192	1,3776	0,4522
1105	0,8954	0,1377	1,3591	0,4637
1285	0,8643	0,1566	1,3402	0,4759
1505	0,8317	0,1789	1,3179	0,4862
1770	0,7977	0,2047	1,2921	0,4943
2070	0,7622	0,2327	1,2641	0,5019
2430	0,7247	0,2647	1,2321	0,5074
2870	0,6851	0,3018	1,1950	0,5099
3420	0,6429	0,3455	1,1513	0,5094
4110	0,5977	0,3967	1,1001	0,5024
4980	0,5486	0,4563	1,0405	0,4919
5370	0,5266	0,4814	1,0154	0,4888

Tabelle c".

t	L_t	v_t	Q_t	r_t
0	0,5559	0	0,5559	0
6	0,5266	0,0005	0,5554	0,0288
43	0,4918	0,0034	0,5525	0,0607
71	0,4843	0,0055	0,5504	0,0661
133	0,4677	0,0101	0,5458	0,0781
193	0,4566	0,0144	0,5415	0,0849
256	0,4446	0,0188	0,5371	0,0925
328	0,4368	0,0237	0,5322	0,0954
423	0,4268	0,0301	0,5258	0,0990
531	0,4166	0,0372	0,5187	0,1021
620	0,4097	0,0429	0,5130	0,1033
715	0,4027	0,0489	0,5070	0,1043
864	0,3918	0,0581	0,4978	0,1060

Um dem Auge diese Größenverhältnisse anschaulich zu machen ist die Tab. b" in die graphische Darstellung

Fig. 2, Taf. II. eingetragen. Setzt man nämlich oben an die beobachteten L , die zugehörigen v , so bestimmen die so entstandenen Punkte die mit r , bezeichnete Rückstandscurve, deren Ordinaten sich aber auf die Linie be als Abscissenlinie beziehen. Setzt man dagegen oben an die beobachteten L , die zugehörigen r , so bekommt man eine Reihe von Punkten, welche mit einander verbunden die fast gerade Linie Q , oder v , bilden. Die Ordinaten dieser Linie stellen, wenn man sie auf ad bezieht, die überhaupt noch zur Zeit t in der Flasche befindliche Elektricitätsmenge Q , vor, wenn man aber be zur Abscissenlinie wählt, den Elektricitätsverlust v .

5.

Es entsteht nun die natürliche Frage, in welcher Art der sich verbergende Rückstand bei derselben Flasche abhängig sey von der Grösse der zuerst mitgetheilten Ladung, denn so viel bemerkt man bei den Versuchen sehr bald, dass eine stärkere Ladung auch einen grösseren Rückstand hervorbringt. Ob wirklich der in gleichen Zeiten, aber von verschiedenen Anfangsladungen hervorgebrachte Rückstand der Grösse dieser Ladungen proportional sey, wird man, weil bei übrigens gleicher Beschaffenheit der Luft der Elektricitätsverlust diese Eigenschaft hat, daran erkennen können, ob das Sinken der disponiblen Ladung die verlangte Proportionalität zeige. Es soll darüber nur ein einziger aber entscheidender Versuch beigebracht werden.

Die im Anhange I. beschriebene Methode, einer Flasche momentan eine voraus bekannte bestimmte Ladung zu ertheilen, lässt sich leicht so anwenden, dass diese im einen Falle genau 10 Mal so groß ist, als im anderen. Dies wurde an zwei aufeinander folgenden heiteren Tagen, wo man in der geheizten Stube ziemlich dieselbe Beschaffenheit der Luft hinsichtlich des Elektricitätsverlustes erwarten durfte, bei derselben Flasche bewirkt und zwar bei einer solchen, die überhaupt wenig Verlust zeigte. Die Resultate sieht man in den folgenden kleinen Tabellen d

und *e*, während *d* in der Art eine Berechnung der Tab. *d* ist, dass deren Resultate unter der Voraussetzung gleichförmiger Abnahme der Ladung zwischen zwei benachbarten Messungen auf die Zeiten der Tab. *e* reducirt sind.

Tab. <i>d</i> .		Tab. <i>e</i> .		Tab. <i>d'</i> .	
<i>t</i>	<i>L_d</i>	<i>t</i>	<i>L_d</i>	<i>t</i>	<i>L_d</i>
0	0,1406	0	1,4062	0	0,1406
20	0,1368	60	1,3586	60	0,1352
65	0,1349	120	1,3374	120	0,1334
135	0,1329	180	1,3220	180	0,1322
270	0,1308	300	1,3087	300	0,1305
390	0,1296	420	1,2962	420	0,1293
600	0,1274	540	1,2858	540	0,1280
720	0,1268	720	1,2737	720	0,1268
900	0,1255	900	1,2583	900	0,1255

Derselbe Versuch ist ungefähr mit derselben Uebereinstimmung mehrmals wiederholt worden.

Somit haben wir den Satz gewonnen, *dass bei derselben Flasche der in derselben Zeit gebildete verborgene Rückstand der anfänglichen Ladung proportional ist*, müssen jedoch noch unentschieden lassen, ob dieser Satz auch für die stärksten Ladungen noch in voller Strenge gültig bleibe, da diese wegen des Elektricitätsverlustes durch mangelhafte Isolation nicht mehr mit Genauigkeit auf dem bisherigen Wege zu untersuchen sind.

Bevor wir nun den Versuch machen, eine Formel aufzusuchen, nach welcher die Rückstandscurve zu berechnen ist, müssen noch einige Thatsachen beigebracht werden, welche behülflich seyn können, die Vorstellungen über den Rückstand zu berichtigen und die Hypothesen vorzubereiten, auf welche die Formel für die Curven gestützt werden soll.

6.

Es leuchtet ein, dass die Frage aufgeworfen werden kann, ob der Rückstand nicht seinen Grund etwa in dem unbelegten Theile der Flasche, also im Rande habe, indem ein Theil der Elektricität zwischen Glas und Firniß hin und zurück gewandert sey.

Dass eine solche Wanderung nur allmälig erfolge, und dass, wenn sie eintritt, ein ziemliches Quantum Platz findet, scheint plausibel, denn es würde die auf den Rand geschobene Elektricität der isolirten Seite offenbar ein Nachfolgen der entgegengesetzten auf der anderen Seite zur Folge haben und die Condensation würde so gut stattfinden können auf dem Isolator als unter den Belegungen. Jedenfalls scheint es nicht überflüssig, diese Frage zu entscheiden.

Sollte nämlich der Rand wirklich den Grund zu dem Rückstande abgeben, so würde letzterer im Vergleich zu der Gesammtladung desto bedeutender werden müssen, nicht allein je breiter der Rand ist, denn man könnte annehmen, dass die Wanderung überhaupt nur wenig ausgedehnt ist, sondern namentlich je grösser die Peripherie der Belegung gegen ihren Flächeninhalt wird. Beschränkt man also den Rand auf ein Minimum bei gleichbleibender Grösse der Belegung, so müfste der Rückstand mit beschränkt werden.

Der Hals der Flasche, welche im §. 1 unter *b* beschrieben ist, und zu welcher die Tabellen *b*, *b'* und *b''* gehören, hatte innen einen Umfang von 5,7 Centm. und eine innere Oberfläche von 11,4 Quadrat-Centm., während die innere Oberfläche dieser bis zum Halse mit Quecksilber gefüllten Flasche 275 Quadrat-Centm. enthielt.

Die Belegung der im §. 1 unter *c* beschriebenen Franklin'schen Tafel, zu der die Tabellen *c*, *c'* und *c''* gehören, bildete ein Rechteck von 15 und 25 Centm. Seite, also von 80 Centm. Peripherie und von 375 Quadrat-Centm. Flächenraum, während die Oberfläche des unbelegten Randes 296 Quadrat-Centm. betrug.

Vergleichen wir nun die Tabellen *b''* und *c''* des §. 4, so finden wir, dass die Franklin'sche Tafel bei einer anfänglichen Ladung 0,5559 in 864 Sekunden den Rückstand 0,1060 verborgen hatte, während die Flasche *b* bei einer anfänglichen Ladung von 1,4968 in 935 Sekunden den Rückstand 0,4522 erzeugte, oder in derselben Zeit wie

die Franklin'sche Tafel, nämlich in 864 Sekunden, wie sich leicht wenigstens angenähert richtig berechnet, den Rückstand 0,4445. Trotz der sehr ungleichen Verhältnisse des Randes betrug also bei der Flasche der Rückstand 0,297 der anfänglichen Ladung, bei der Franklin'schen Tafel nur 0,190. Ungefähr ebenso wird das Verhältnis, wenn wir diese Rückstände mit den Elektricitätsmengen Q , vergleichen, welche nach 864 Sekunden überhaupt noch in den beiden Fällen vorhanden waren. Die Flasche hat als Rückstand 0,321 dieser Menge, die Tafel 0,213. Das aber schlägt die ganze Hypothese den Augenblick, dass zu dieser Zeit im Halse der Flasche also auf 11,4 Quadrat-Centm. fast halb so viel Elektricität sich befinden soll, als auf den 275 Quadrat-Centm. der ganzen inneren Belegung, ein Verhältnis, welches noch ärger wird, wenn man den Zustand ins Auge fasst, den die Flasche bei ihrer endlichen Entladung also nach 5370 Sekunden besaß.

So viel ist also klar, *dass der Rand mit dem Rückstande, wenn vielleicht auch nicht gar nichts, so doch nur sehr wenig zu schaffen hat.*

7.

Man hat auch dem Bindemittel, mit welchem die Stanniolbelegungen auf das Glas geklebt zu werden pflegen, eine Rolle in Beziehung auf den Rückstand zugeschrieben. Ohne theoretische Betrachtungen anzustellen, ob diese Rolle nicht jedenfalls eine sehr untergeordnete seyn werde, sollen hier nur einige Thatsachen stehen.

Bei der Franklin'schen Tafel c war das Sinuselektrometer mit der Spiegelfolie verbunden, welche ohne Bindemittel als metallische Belegung unmittelbar auf dem Glase sitzt. Betrachten wir nun die Tabellen a'' , b'' und c'' und reduciren die Zahlen der beiden letzteren auf die Zeit 680, zu welcher die mit Stanniol innen und ausen belegte Flasche a entladen wurde, so erscheint allerdings die Spiegelfolie im Vortheil sowohl gegen diese Flasche a als gegen die mit Quecksilber gefüllte b . Denn das Verhältnis des

in 680 Sekunden gebildeten verborgenen Rückstandes gegen die anfängliche Ladung ist
0,297 **0,281** **0,187**,
 und gegen die zu der Zeit 680 überhaupt noch vorhandene Menge *Q*,
0,324 **0,299** **0,204**.

Danach würde die Flasche *a* mit dem Bindemittel den grössten Rückstand, die mit der Spiegelfolie den kleinsten geliefert haben.

Abgesehen davon, dass man diese Unterschiede auch auf die Glassorte und Glasdicke schieben kann, ist besonders der folgende Versuch zu beachten.

Bevor die Flasche *b* mit Quecksilber gefüllt dem Studium des Rückstandes unterworfen wurde, war sie schon mit gesäuertem Wasser gefüllt und untersucht worden, zuvor jedoch, damit die Benutzung vollständig sey, mit einer Lösung von Aetzkali ausgewaschen. Nun sollte man doch nach der Analogie des Bindemittels erwarten, dass in diesem Falle die Verhältnisse des Rückstandes andere gewesen wären als da, wo zwischen dem Spiegel des eingegossenen Quecksilbers und dem Glase jedenfalls noch eine dünne und trockene Luftschicht sich befand. Das Glas war nämlich vor dem Einschütten des gut getrockneten Quecksilbers mit destillirtem Wasser ausgewaschen, erhitzt und mit einem Glasrohre trocken gesogen. Es war aber durchaus kein Unterschied in beiden Fällen zu bemerken, denn der Rückstand bildete sich mit der Zeit in ganz derselben Grösse, wie man aus folgenden Angaben sieht, welche sich auf einen Fall beziehen, wo beide Male die ursprüngliche Ladung 606 Sekunden gestanden hatte.

	<i>L₀</i>	<i>L₆₀₆</i>	Gesammelter Rückstand
Wasser	1,49	1,03	0,30
Quecksilber	1,49	1,05	0,29

Hier

Hier scheint sogar das Quecksilber im Vortheil, doch möchte dieser Umstand darauf zu schieben seyn, dass es sehr schwer ist, eine Flasche das eine Mal mit einer adhärenden, das andere Mal mit einer nicht adhärenden Flüssigkeit zu einer Leidener Flasche von genau gleicher Grösse der Belegung zu machen.

Am entscheidendsten würde die Frage über das Bindemittel zu beantworten seyn, wenn man eine Glasplatte auf beiden Seiten mit Spiegelfolie belegte und, nachdem sie untersucht ist, die letztere mit Stanniolbelegungen vertauschte. Schwerlich wird man einen messbaren Unterschied finden.

8.

Es scheint nämlich die Grösse des Rückstandes im Wesentlichsten von der Dicke des Glases abzuhängen, in der Art, dass das dickere Glas den grösseren Rückstand hervorbringt. Die Erfahrung, welche hierüber beigebracht werden soll, ist nicht vollkommen entscheidend, denn offenbar hängt die Grösse des Rückstandes sehr wesentlich von der Sorte des Glases ab, und die beiden Flaschen, welche verglichen worden sind, hätten deswegen aus demselben Glashafen geblasen und in ganz gleicher Weise gekühlt seyn müssen. Obschon das nicht der Fall war, soll das interessante Resultat doch angeführt werden.

Die mittlere Glasdicke der Flasche *b*, von der schon oft die Rede gewesen ist, betrug 2,7 Millimeter. Es war dies durch das absolute und spec. Gewicht und durch directe Messung der Dimensionen gefunden. Die innere Oberfläche, so weit sie als Belegung zu betrachten ist, wurde schon früher zu 275 Quadrat-Centm. angegeben.

Eine andere Flasche *e* von dünnem Glase hatte die mittlere Glasdicke 0,82 Millimeter und die innere Oberfläche von 230 Quadrat-Centm.

Beide Flaschen waren durch Füllen und Umgeben mit gesäuertem Wasser zu Leidener Flaschen umgestaltet und es war durch die im Anhange I. und II. beschriebene Methode gefunden, dass die Elektricitätsmengen dieser

Flaschen *b* und *e* bei gleicher Spannung des Knopfes sich verhielten wie 508 zu 1303.

Beiden Flaschen wurde momentan eine Ladung mitgetheilt, welche im ersten Augenblicke vom Sinuselektrometer zu 1,4941 angegeben wurde und es zeigte sich, dass die nach 9 Minuten entladenen Flaschen die Rückstände 0,3052 und 0,1180 aufsammeln ließen.

Das Verhältniss der mittleren Dichtigkeit der Elektricität in beiden Flaschen *b* und *e* ist, wenn sie gleiche Spannung am Knopfe zeigen, das von

$$\frac{508}{275} \text{ zu } \frac{1303}{230}$$

oder von 1 zu 3,07.

Das Verhältniss der in gleichen Zeiten als Rückstand in *b* und *e* verborgenen Elektricitätsmengen ist das von

$$508 \cdot 0,3052 \text{ zu } 1303 \cdot 0,1180$$

oder von 1 zu 0,991.

Wir sehen hier also, dass eine Flasche, welche ungefähr drei Mal so dickes Glas hat als eine andere, dieselbe Elektricitätsmenge als Rückstand erzeugt, obschon die mittlere Dichtigkeit drei Mal so gering ist.

Ganz ähnliche Erscheinungen haben sich bei zwei Franklin'schen Tafeln von ungleicher Dicke ergeben.

(Schluss im nächsten Heft.)

III. Die Grundzüge eines thermo-chemischen Systems; von Julius Thomsen.

(Fortsetzung von Bd. 90, S. 288.)

§. 25.

IV. Ueber das gegenseitige Verhalten der Oxyde in der wässrigen Lösung.

Der Apparat, dessen ich mich bei den jetzt folgenden Versuchen benutzte (Siehe Taf. III. Fig. 1)¹⁾, bestand hauptsächlich aus zwei Behältern, von denen der obere 1500, der untere 2500 Grm. Wasser fassen konnte. Der untere Behälter, ein Becherglas von dünnem Glase, stand in einem ähnlichen Gefäß von etwa 4000 Cubikcentimeter Inhalt, um gegen die Wärme der umgebenden Luft geschützt zu seyn. Im Deckel dieses Behälters waren drei Löcher angebracht; durch das eine ging das Thermometer t_1 , durch das andere der Stiel des Rührers n , und durch das dritte Loch communicirten die beiden Behälter A und B . Der Rührer bestand aus einer, an einer Glasstange befestigten, Glasplatte von der Form wie Fig. 2. Die Oeffnung p erlaubt dem Thermometer t_1 seinen Platz zu behalten während der auf und abgehenden Bewegung des Rührers. Der obere Behälter A war eine tubulirte Glasglocke, in dessen Tubus das Rohr k angebracht war, durch welches die beiden Behälter communicirten. Durch einen Ppropfen von Cautschuk t , welcher an der Stange s befestigt war, konnte das Rohr k geschlossen werden. Der Rührer im Behälter A war an einem Glasrohre r befestigt, durch welches die Stange s ging. Die Glocke A war von einer anderen umgeben, um gegen die Luftwärme geschützt zu seyn.

Die Art des Experimentirens war nun die folgende. Wenn die zwei zu untersuchenden Flüssigkeiten in die Behälter gebracht und die Thermometer eingestellt waren, wurden die Lösungen zur Erreichung einer homogenen

1) Wird dem nächsten Heft beigegeben.

Temperatur durch die Rührer in Bewegung gesetzt, bis die Thermometer stationär geworden. Das Ablesen der Thermometer geschah mittelst eines, an einem Stativ befestigten Fernrohrs. Alsdann wurde das Ventil t mittelst der Stange s geöffnet; die Flüssigkeit des Behälters A läuft alsdann in den Behälter B , wo die vollständige Mischung durch den Rührer hergestellt wird. Gewöhnlich wurde die Temperatur nach Verlauf einer Minute stationär, und dann notirt.

Die Data zur Berechnung der Versuche werden folgendermassen bezeichnet:

T ist die Temperatur der Luft

t_0 » » » der Flüssigkeit im Behälter A

11. Princeton in German 111

t, " " " in *B* nach der Mischung der Flüssigkeiten

A der Inhalt des Behälters **A** an Salz,
Säure oder dgl.

B der Inhalt des Behälters **B** an Salz, Säure oder dgl. in Grammen

a die Wassermenge des Behälters A

R' das Resultat des Versuches, ausgedrückt in Wärme-einheiten (1 Grm. Wasser um 1° C. erhöht).

Die Berechnung der Versuche geschah nach der Formel

$$= (1,03 b + 38)(t_c - t_b) + [t_c - t_b + 0,03(t_c - T)] a \quad (37),$$
welche nach der Form und der Masse des Apparats berechnet ist und durch Versuche geprüft, in welchen Wasser von verschiedenen Temperaturen gemischt wurde.

Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

No.	T	b	t_b	a	t_a	t_s	R'
XXXIII. Verifications-Versuche.							
117	17,4	720	13,86	1150	16,88	15,70	— 1
118	17,4	720	13,98	1150	17,10	15,86	— 13
119	17,4	1150	13,70	720	17,10	15,90	+ 26
120	17,4	1150	13,76	720	17,20	15,95	— 21
121	17,5	1440	21,42	500	17,04	20,32	+ 9
122	17,9	1440	19,90	500	17,18	19,22	+ 5

Man ersieht aus diesen Versuchen, dass der Apparat mit hinlänglicher Genaugkeit das wirkliche Verhältnis auszudrücken vermag.

Bei den Versuchen arbeitet man freilich nicht mit reinem Wasser, sondern mit Lösungen von verschiedenen Oxyden und Salzen; es ist also die Frage, wie die verschiedene *specifische Wärme der Lösungen* in die Berechnung gebracht werden sollen.

Die specifische Wärme der verschiedenen angewandten und resultirenden Lösungen zu bestimmen, wäre schon an und für sich eine sehr bedeutende Arbeit. Es ist dieses aber durchaus nicht nöthig, wenn man wie bei den folgenden Versuchen mit verdünnten Lösungen arbeitet. Ein Beispiel erklärt die Sache. Für eine Lösung von 6,322 Theilen salpetersauren Kalis in 100 Theilen Wasser fand Andrews¹⁾ die specifische Wärme = 0,9369. Das Gewicht der gesammten Lösung ist also 106,322 und es erfordert dieses Gewicht für eine Temperaturerhöhung um 1° C. im Ganzen $106,322 \cdot 0,9369 = 99,61$ Wärmeeinheiten. Hätte man nur die in der Lösung gegenwärtige Wassermenge berücksichtigt, so wären 100 Wärmeeinheiten erforderlich für eine Temperaturerhöhung um 1° C. Für eine Lösung mit 1000 Grm. Wasser wäre der Fehler also 4° für jeden Grad, um welchen die Temperatur erhöht wurde; diese Gröfse liegt aber ganz innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler. Die Methode ist also die, nur die in der Lösung gegenwärtige Wassermenge zu betrachten und die specifische Wärme des gelösten Stoffs zu vernachlässigen. Sind die Lösungen nur hinlänglich verdünnt, kann diese Methode stets angewandt werden.

In der nachstehenden Tabelle bezeichnet *A* die von Andrews bestimmte specifische Wärme der Lösung, *B* das Gewicht der Lösung, welches 1 Grm. Wasser enthält, *C* das specifische Gewicht der Lösung berechnet nach der Formel $C = \frac{1}{B}$.

1) Erdmanns Journ. L, S. 468.

	<i>A.</i>	<i>B.</i>	<i>C.</i>	<i>C - A.</i>
Salpetersaures Kali	0,9369	1,0632	0,9405	0,004
Salpetersaures Kali	0,975	1,0260	0,9746	0,000
Salpetersaures Natron	0,9131	1,1062	0,9040	0,009
Chlornatrium	0,8671	1,1461	0,8725	0,005
Chlorkalium	0,971	1,0187	0,9815	0,010
Schwefelsaures Kali	0,973	1,0223	0,9782	0,005.

Berechnet man nach dieser Methode die specifische Wärme für alle von Andrews bestimmten Lösungen, so wird man finden, dass die Differenz *C - A* mit *B* gleichzeitig abnimmt, d. h. mit der Verdünnung der Flüssigkeit. In den meinigen Versuchen ist *B* gewöhnlich 1,01 bis 1,02, und also fällt der dadurch entstehende Fehler ganz innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler. Ein ähnliches Resultat geben die Bestimmungen der specifischen Wärme für Lösungen nach Person¹⁾.

§. 26. Die Schwefelsäure.

Das erste Verhältnis, welches ich besprechen werde, ist das der Schwefelsäure gegen die Basen. Es ist die Frage zu beantworten, ob die Schwefelsäure sich auf nassem Wege mit den basischen Oxyden in bestimmten Verhältnissen verbinde. Es wurde deshalb ein Aequivalent *Natron* mit $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2 und 4 Aeq. Schwefelsäure vermischt und die dadurch entstandene Wärmeentwicklung bestimmt. In allen Versuchen war die angewandte Menge Schwefelsäure in 1000 Grm. Wasser gelöst und befand sich im unteren Behälter; das eine Aeq. Natron dagegen war, gelöst in 500 Grm. Wasser, enthalten im oberen Behälter; es ist also $a=500$, $b=1000$. Das Detail der Versuche ist folgendes:

1) Ann. de chim. et de phys. 1851, December.

No.	T	B	t ₁	A	t ₂	t _c	R'	Mittel
XXXIV. (Na Aq, S Aq)								
123	15,8	$\frac{1}{3}$ S	15,08	Na	15,32	15,56	678	678
124			14,82		14,70	15,22	678	
125			14,85	Na	14,52	15,60	1345	
126	15,3	$\frac{1}{3}$ S	14,76	Na	14,45	15,50	1319	1332
127			14,63	Na	14,50	15,80	1920	
128	14,5	S	14,62	Na	14,45	15,78	1923	1921
129			14,68	Na	14,58	15,85	1910	
130	14,2	$1\frac{1}{2}$ S	14,64	Na	14,55	15,82	1920	1915
131	14,0	2 S	13,90	Na	14,55	15,32	1921	1928
132			13,47	Na	14,52	15,03	1936	
133	14,0	4 S	12,90	Na	14,48	14,62	1916	
134			13,00	Na	14,48	14,67	1889	1902

Aus den Versuchen geht also hervor, dass sich auf nassem Wege nur eine Verbindung zwischen der Schwefelsäure und dem Natron bildet, nämlich die, welche ein Aeq. Säure gegen ein Aeq. Basis enthält. Die sauren Salze scheinen nicht in der wässrigen Lösung existiren zu können, wenigstens lässt ihre Bildung sich nicht an der Wärmeentwicklung erkennen; denn diese ist dieselbe, wenn 1, $1\frac{1}{2}$, 2 oder 4 Aeq. Säure mit einem Aeq. Basis in Berührung gebracht wird, nämlich 1921, 1915, 1928, 1902. Wenn dagegen die Menge der Säure geringer als 1 Aeq. ist, dann ist die Wärmeentwicklung auch geringer und, wie es scheint, der Menge der angewandten Säure proportional; das Mittel aus den letzteren 8 Versuchen ist 1916; für $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ Aeq. Säure würde dann die Wärmeentwicklung 639 und 1278 seyn, während die Versuche 678 und 1332 gegeben haben. Aehnliche Resultate haben die Versuche mit dem Kali gegeben. In den Versuchen ist $a = 500$, $b = 1000$ Grm.

No.	T	B	t ₁	A	t ₂	t _c	R'	Mittel
XXXV. (z K Aq, S Aq)								
135	16,4	$\frac{1}{3}$ S	16,50	K	15,24	16,49	618	
136			16,55		15,12	16,49	624	621
137	16,6	$\frac{1}{3}$ S	16,49	K	15,40	16,92	1224	
138			16,42	K	15,76	17,00	1245	1235
139	16,8	K	15,45	S	16,62	17,05	1926	
140			15,50		16,60	17,07	1916	1921
141	16,8	K	15,53	$2\frac{1}{2}$ S	15,98	16,89	1908	
142			15,55		15,88	16,87	1905	1906

Das Verhältniss ist also hier ganz ähnlich wie bei dem Natron; die Wärmeentwickelung steigt proportional mit der Säuremenge, bis diese 1 Aeq. ausmacht, und wird dann unveränderlich.

Es entwickelt nämlich

	mit 1 Aeq. Na	1 Aeq. K	berechn.
$\frac{1}{4}$ Aeq. S	678°	621°	640
$\frac{2}{3}$	1332	1235	1280
1	1921	1921	1921
$1\frac{1}{2}$	1915		
2	1928	1906	
4	1902		

In der wässrigen Lösung sättigt sich also die Schwefelsäure mit der Basis Aequivalent für Aequivalent, und der mögliche Ueberschuss dieses oder jenes Stoffes ist unverbunden in der Flüssigkeit zugegen.

Die Schwefelsäure besitzt also die Eigenschaft die Basis vollständig zu neutralisiren; sie hat ein bestimmtes Aequivalent, ausgedrückt durch S; dass dieses aber nicht stattfindet bei allen Säuren, werde ich gleich näher zeigen.

§. 27.

Die Borsäure.

Es war meine Absicht das Aequivalent der Borsäure zu bestimmen, als ich sie auf ähnlicher Weise wie die Schwefelsäure untersuchte; sie zeigte aber, wie es aus den nachstehenden Versuchen hervorgeht, ein ganz anderes Verhältniss. In allen Versuchen ist $b=1000$ Grm. und $a=500$ Grm.

No.	T	B	t_b	A	t_a	t_c	R'	pr. Aeq. Na
XXXVI. (z. Na, Aq, B Aq.)								
143	15,0	4 Na	14,49	B	15,61	15,42	908	
144	15,0		14,48		15,32	15,32	895	225
145	15,0		14,24		15,21	15,12	894	
146	18,0		17,92		15,82	17,85	952	
147	18,0	B	17,80	2 Na	17,65	18,30	853	453
148	18,0		17,77		17,82	18,37	921	

No.	T	B	t_b	A	t_a	t_c	R'	pr. Aeq. Na
149	18,0	...	18,06	Na	18,32	18,72	916	
150	18,0	1/2 B	18,06	Na	18,28	18,72	936	922
151	18,0	...	18,00	Na	18,25	18,66	920	
152	18,0	...	18,20	Na	17,93	18,88	1214	
153	18,0	B	18,11	Na	17,80	18,80	1249	1218
154	18,0	...	18,00	Na	17,77	18,68	1191	
155	20,5	...	20,205	Na	20,37	20,55	457	
156	20,5	1/2 B	20,225	Na	20,30	20,54	456	456
157	19,8	...	20,025	Na	20,45	20,73	890	
158	19,8	1/2 B	20,020	Na	20,37	20,705	896	899
159	20,2	...	20,325	Na	19,90	20,78	925	
160	20,2	...	20,345	Na	19,88	20,76	883	
161	20,0	...	20,02	Na	19,88	20,78	1260	
162	20,0	...	20,06	Na	19,87	20,82	1285	
163	20,0	B	20,60	Na	19,60	21,10	1282	1280
164	20,0	...	20,645	Na	19,48	21,10	1294	
165	21,0	...	20,835	Na	19,88	21,36	1299	
166	21,0	1/2 B	20,88	Na	19,87	21,40	1318	1309
167	20,4	...	19,94	Na	19,82	20,80	1406	
168	20,0	2 B	20,21	Na	20,78	21,30	1420	1415
169	20,0	...	20,29	Na	20,80	21,36	1419	
170	20,5	...	19,68	Na	19,94	20,70	1466	
171	20,5	1/2 B	19,745	Na	19,91	20,725	1452	1459
172	20,0	...	19,44	Na	19,50	20,40	1473	
173	20,0	4 B	19,55	Na	19,57	20,49	1462	1468

Die Versuche No. 155 bis 173 sind in einem anderen, aber ähnlichem Calorimeter angestellt und berechnet nach der Formel

$$R' = [b + 0,03(a + b) + 20](t_c - t_b) + a(t_c - t_a) \dots \dots \quad (38)$$

Aus diesen Versuchen bestimmen zu wollen, in welcher Menge die Borsäure zugegen seyn müfste, um das Natron völlig zu neutralisiren, wäre wohl nicht leicht möglich. Es scheint dagegen aus den Versuchen hervorzugeben, dass die Borsäure nicht im Stande ist die Basis in der wässrigen Lösung vollständig zu sättigen; denn die Wärmeentwicklung steigt stets mit der Menge der Säure. Nennen wir das Verhältniss zwischen der Sauerstoffmenge in der Borsäure und dem Natron a , dann ist die Wärmeentwicklung als Mittel der sämmtlichen Versuche für

$a = \frac{1}{2}$	225° für jedes Aeq. Natron
1	454
2	909
3	1253
4	1309
6	1415
8	1459
12	1468.

Es steigt also die Wärme anfangs der Menge der Borsäure oder dem a fast proportional bis die Sauerstoffmenge der Borsäuremenge das Doppelte der Basis ist; von diesem Punkte an ist die Steigerung der Wärme aber bedeutend kleiner. Dieses Verhältnis erinnert an dasjenige, welches ich zwischen den Alkalien und dem Wasser nachgewiesen habe; denn da zeigte sich ebenfalls eine starke Steigung der Wärme durch Verbindung mit den ersten Aequivalenten Wasser, während die fernere Entwicklung von Wärme sehr gering wird. Es scheint schon Dieses darauf hinzudeuten, dass die Borsäure sich gegen die Basen auf eine ähnliche Weise, wie die Alkalien sich gegen das Wasser verhalten; ich werde später auf diesen Punkt zurückkommen.

§. 28.

Die Kieselsäure.

Die Borsäure hat sehr grosse Aehnlichkeit mit der Kieselsäure, und es ist demzufolge natürlich, dass bei dieser Säure ein ähnliches Verhältnis wie das der Borsäure gegen die Basis angetroffen wird. Die Versuche konnten aber nicht ganz auf dieselbe Weise angestellt werden, weil dieses eine wässrige Auflösung der freien Kieselsäure fordert. Ich arbeitete deshalb mit dem kieselsauren Kali (KSi⁴), indem ich zu einer Lösung desselben gröfsere oder kleinere Mengen Kali hinzusetzte. Das kieselsaure Kali, gelöst in 500 Grm. Wasser, befand sich im oberen Behälter, das Kali, gelöst in 1000 Grm. Wasser, im unteren;

es ist also $a = 500$, $b = 1000$ Grm. Die Versuche sind die folgenden:

No.	T	B	t_b	A	t_a	t_c	R'	pro Aeq. $\dot{K}Si^4$
XXXVII. ($\dot{K}Si^4 Aq.$, a $\dot{K} Aq.$)								
174	18,0		17,91		18,46	18,26	277	
175	18,0	K	18,00		18,62	18,40	323	300
176	18,0	$\frac{1}{2} K$	17,91	$\dot{K}Si^4$	18,65	18,40	414	416
177	18,0		17,89		18,60	18,38	419	
178	18,0		17,85		18,52	18,40	528	
179	18,0	3K	17,84		18,50	18,38	522	525
180	18,0		17,60		18,49	18,07	292	
181	18,0	$\frac{3}{2} K$	17,63	$\frac{1}{2} \dot{K}Si^4$	18,36	18,04	278	570

Aus diesen Versuchen zeigt der Charakter der Kieselsäure sich ganz bestimmt und ähnlich dem der Borsäure; die in den verschiedenen Versuchen entstandenen Lösungen haben folgende Zusammensetzung: $\dot{K}Si^2$, $\dot{K}Si^{1\frac{1}{2}}$, $\dot{K}Si$ und $\dot{K}Si^{\frac{1}{2}}$; die Sauerstoffmenge der Kieselsäure, verbunden mit einem Aeq. Kali, ist also 4, 3, 2 und 1. Um die Neutralisationswärme der Kieselsäure in diesen verschiedenen Fällen angeben zu können, muss man die Grösse ($\dot{K} Aq.$, $\dot{Si}^4 Aq.$) kennen. Diese Grösse lässt sich aber dadurch bestimmen, dass man die Wärme bestimmt, welche durch Zersetzung des kieselsauren Kalis mittelst Salpetersäure erhalten wird. Ich werde unten zeigen, dass in diesem Falle sich die ganze Differenz zwischen der Neutralisationswärme der Salpetersäure und der Kieselsäure entwickelt, und dort die Versuche anführen. Das Resultat ist folgendes:

$$(\dot{K} Aq., \dot{N} Aq.) - (\dot{K} Aq., \dot{Si}^4 Aq.) = 604^\circ.$$

Da nun ($\dot{K} Aq.$, $\dot{N} Aq.$) meinen Untersuchungen zufolge 1643^c ist, so erhält man

$$(\dot{K} Aq., \dot{Si}^4 Aq.) = 1039.$$

Addirt man diese Grösse zu der, welche in der Tabelle die aus kieselsaurem Kali und Kali entwickelte Wärme bezeichnen, so resultirt die Wärme, welche durch Verbindung von \dot{Si}^4 mit 2, $2\frac{1}{2}$, 4 und 8 Aeq. Kali entstehen würde, nämlich 1339, 1455, 1564 und 1609. Reducirt man diese

Größen auf ein Aequivalent Kali, dann hat man folgende Werthe; für

a	(K Aq, a Si Aq)	
	201°	201°
1	391	
1½	546	
2	669	
4	1039.	

Es geht aus diesen Größen hervor, dass die Menge der Kieselsäure, welche mit dem Kali verbunden wird, nicht der durch die Verbindung entwickelten Wärme proportional ist, sondern dass diese in einem geringeren Verhältniss steigt als jene. Wenn die Menge der Kieselsäure um das Achtfache vermehrt wird, steigt die Wärme nur um das Fünffache. Es ist aber unverkennbar, dass die Si doppelt so viel Wärme entwickelt wie $\frac{1}{2}$ Si verbunden mit 1 Aeq. Natron, ebenso wie $\frac{1}{2}$ B doppelt so viel Wärme entwickelt als $\frac{1}{4}$ B und viermal so viel als $\frac{1}{8}$ B verbunden mit der selben Menge Natron; es scheint also, als ob das Aequivalent dieser beiden Säuren durch \ddot{Q} auszudrücken sey. Aus folgender Zusammenstellung der Resultate geht es deutlich hervor. Es entwickelt nämlich ein Aeq. Si und B mit verschiedenen Mengen Basis folgende Wärmemengen:

Basis	B	Si
$\frac{1}{6}$ Aeq.	245°	
$\frac{1}{4}$	365	264°
$\frac{1}{3}$	472	
$\frac{1}{2}$	654	340
$\frac{2}{3}$	835	369
1	909	397
2	908	408
4	900	

Es zeigt sich, dass die Wärmeentwicklung steigt mit der Menge Basis, welche der Säure \ddot{Q} hinzugesetzt wird, bis diese Menge ein Aequivalent erreicht hat, d. h. bis diese

Sauerstoffmenge der Basis die Hälfte derjenigen der Säure beträgt, oder die Zusammensetzung des Salzes $R\ddot{Q}$ wird. Die größte Menge Basis, welche ein Aequivalent der Säure zu sättigen vermag, ist demzufolge diejenige, welche halb so viel Sauerstoff enthält, als die Säure selbst; der Grad der Sättigung der Basis ist aber am größten, je kleiner ihre Menge ist. In diesem Punkte unterscheiden sich beide Säuren von der Schwefelsäure, denn diese sättigt sich stets zu einem bestimmten Grad. Der Unterschied zwischen diesen beiden Klassen von Säuren wird später deutlicher hervortreten, wenn ich auf die Zersetzung ihrer Salze zu reden komme.

§. 29.

Die Phosphorsäure.

Wir wenden uns jetzt zu der Phosphorsäure; diese ist bekanntlich eine sehr merkwürdige Substanz; denn erstens tritt sie in mehreren isomeren Modificationen auf, und zweitens bildet jede dieser Modificationen eine Reihe von verschiedenen Verbindungen. Ein genaues Studium der thermo-chemischen Verhältnisse dieser Säure würde ihre Natur gewiss bedeutend aufklären, aber zugleich auch sehr weitläufig seyn; ich habe mich vorläufig darauf beschränkt die Hydro-Phosphorsäure mit Rücksicht auf ihr Verhältnis gegen das Natron zu untersuchen. Bekanntlich gibt es drei verschiedene Verbindungen dieser Säure mit Natron, nämlich 1, 2 und 3 Aeq. Basis enthaltend; es war aber nothwendig zu untersuchen, ob nicht noch andere Verbindungen existiren können, wenigstens in der wässrigen Lösung. Die Versuche wurden auf ganz ähnliche Weise wie die mit der Borsäure angestellt und sind nach der Formel (38) berechnet. In allen Versuchen ist 1 Aeq. Phosphorsäure, gelöst in 500 Grm. Wasser, im oberen Behälter, das Natron, gelöst in 1000 Grm. Wasser, im unteren; es ist also $a=500$, $b=1000$. Die Versuche sind die folgenden:

No.	T	B	t_b	A	t_a	t_c	R	Mittel
XXXVIII. (s Na Aq., PAq.)								
182	22,4	Na	21,65		20,72	22,56	1891	
183	22,4		21,50		20,72	22,435	1853	1872
184	22,4	2 Na	21,36		20,70	23,325	3405	
185	22,4		21,44		20,67	23,36	3390	3398
186	22,5		21,30		20,74	23,76	4130	
187	22,5	3 Na	21,255	P	20,76	23,74	4136	4133
188	22,5		21,27		20,77	23,81	4225	
189	22,5	4 Na	20,81		20,90	23,545	4236	4230
190	22,5		20,42		20,90	23,30	4267	
191	22,5	5 Na	20,455		20,91	23,36	4318	4293

Die Phosphorsäure zeigt also ein ähnliches Verhältnis wie die Borsäure und die Kieselsäure. Das erste Aequivalent Natron entwickelt mit 1 Aequivalent Säure

1872 Wärmeeinheiten

das zweite	1526	»
das dritte	735	»
das vierte	97	»
das fünfte	63	»

Man sieht hieraus, dass die Phosphorsäure durch 3 Aeq. Basis noch nicht völlig gesättigt ist, denn die beiden nächsten Aequivalente Basis entwickeln noch 160° aus demselben Aequivalent Phosphorsäure. Die Phosphorsäure ist früher von Graham¹⁾ untersucht worden; er findet indessen, dass das zweite und dritte Aequivalent Kali gleich viel Wärme entwickelt, was nicht mit meinen Versuchen übereinstimmt. Man könnte Säuren, wie die hier besprochenen, *unvollständige Säuren* nennen, denn sie sind nicht im Stande eine stärkere Basis vollständig zu neutralisiren. Es ist bemerkenswerth, dass gerade diese Säuren Verbindungen in manchen Verhältnissen mit den Basen bilden, wie z. B. die Phosphorsäure und die Kieselsäure in den natürlichen Verbindungen, und die Borsäure und Kohlensäure in den von Hrn. H. Rose auf nassem Wege dargestellten Verbindungen. Es scheint, als ob bei diesen Körpern die Masse eine ebenso bedeutende Rolle spielle wie ihr specifischer Charakter, welches z. B. bei der Schwefelsäure nicht der

1) *Phil. Mag.*, T. XXIV, p. 1.

Fall ist, denn diese verbindet sich nur in der wässrigen Lösung in einem bestimmten Verhältnisse mit der Basis, wie verschieden auch ihre Masse seyn möge. Ich werde aber sogleich ein anderes Verhältnis zeigen, durch welches sich diese unvollständigen Säuren wesentlich von den anderen Säuren unterscheiden.

Zersetzung eines Salzes durch eine Säure.

Wenn man zu einem in Wasser gelöstem Salze eine Säure hinzusetzt, sind drei Möglichkeiten da; entweder wird das Salz nicht von der Säure verändert, oder es wird ganz oder nur zum Theil zersetzt. Ich werde jetzt die Bedingungen dieser verschiedenen Verhalten aufsuchen, indem ich nur in Wasser lösliche Stoffe besprechen werde, weil die Unlöslichkeit eines freiwerdenden Bestandtheiles stets einen wesentlichen, den Charakter der Zersetzung täuschenden Einfluss ausübt.

Wenn zwei Säuren verschiedene Wärmemengen entwickeln durch Verbindung mit derselben Basis, so ist das Verhältniss der einen Säure gegen das Salz der anderen Säure leicht auf thermo-chemischem Wege zu prüfen. Es sei nämlich α die Wärmemenge, welche durch Neutralisation der einen Säure entsteht, β diejenige, welche die andere Säure mit derselben Basis entwickelt, dann ist die Wärmetönung, von welcher die vollständige Zersetzung begleitet seyn würde

$$\pm (\alpha - \beta)$$

je nachdem die eine oder die andere Säure aus ihrer Verbindung getrieben wird. Ist dagegen die Zersetzung nicht vollständig, so wird die Wärmetönung in numerischer Beziehung stets geringer als diese Gröfse.

Die Schwefelsäure entwickelt, wie oben gezeigt, durch Neutralisation mit der Schwefelsäure 1921° ; die Salpetersäure dagegen 1643° . Wenn also eine Lösung, welche 1 Aeq. salpetersaures Kali enthält, mit 1 Aeq. Schwefelsäure versetzt wird, vorausgesetzt das diese mit vielem Wasser

verdünnt sey, so würde die Wärmetönung, wenn die Zersetzung eine vollständige wäre, $1921 - 1643 = 278^\circ$ seyn. Dem ist aber nicht so; die Wärmeentwickelung ist viel geringer. Versetzen wir die Lösung des einen Aeq. salpetersauren Kalis mit 2, 3, 4 Aeq. Schwefelsäure, so steigt allmälig die Wärmeentwickelung ohne jedoch die eben genannte Gröfse zu erreichen. Die Schwefelsäure zersetzt also nur theilweise das salpetersaure Kali. Es erinnert dieses sogleich an die Theorie von Berthollet. Ich werde versuchen sie in Formeln auszudrücken. Wenn n Aeq. eines Salzes RQ und m Aeq. einer Säure Q_1 aufeinander wirken, so theilt sich die Basis zwischen den Säuren so, daß die ganze Lösung einen homogenen Charakter erhält, d. h. das die Acidität des Salzes die nämliche wird. Das entstandene Salz sey $R(QQ_1)^x$; es ist also

$$nRQ + mQ_1 = zRQ^x + yRQ_1^x$$

$$z + y = n$$

$$zx = n$$

$$yx = m$$

also wird die Zusammensetzung der Salze in der Lösung

$R(QQ_1)^{\frac{n}{n+m}}$ und die der Lösung selbst $R(QQ_1)^{\frac{m}{n+m}}$

$$\frac{n^2}{m+n} RQ + \frac{nm}{m+n} RQ_1$$

Es sind also $\frac{nm}{m+n}$ Aeq. des Salzes zersetzt worden.

Wenn nun die Wärmeentwickelung der Menge des zersetzen Salzes proportional ist, muß sie also durch

$$W = \frac{nm}{n+m} C \quad (39)$$

ausgedrückt werden können.

Zersetzen wir also 1 Aeq. salpetersaures Kali mit 1, 2, 4 Aeq. Schwefelsäure, so würde die Wärmeentwickelung sich verhalten wie $\frac{1}{3} : \frac{2}{3} : \frac{4}{3}$. Die Wärmeentwicklung steigt mit der Menge der angewandten Säure, wird aber erst für $m = \infty$ gleich C oder gleich der Wärme, welche

welche einem ganz zersetzen Aequivalente des Salzes entspricht.

Man wird sich erinnern, daß ich für die Wärmeentwicklung, welche die Säuren durch Vermischung mit Wasser erzeugen, die nämliche Formel gefunden habe.

Wir werden nun sehen, welche Resultate die Versuche gegeben haben.

No.	T	B	t_b	A	t_a	t_c	R'	p. Aeq.
XXXIX. (KNAq, S ⁴ Aq)								
192	14,0	2 KN	14,16	2 S	13,85	14,11	157	
193	14,0	und	14,31	und	13,71	14,12	122	
194	14,0	1000gr	13,71	800gr	15,00	14,32	100	65
195	14,0	Wasser	13,14	Wasser	14,50	13,80	140	
196	13,0	2 KN	12,34	4 S	13,50	12,95	211	
197	13,0	und	12,34	und	13,42	12,91	199	
198	13,0	1000gr	12,35	800gr	13,44	12,92	191	99
199	13,0	Wasser	12,40	Wasser	13,49	12,97	192	
200	13,3	2 KN	12,29	8 S	13,75	13,12	251	
201	13,3	und	12,96	und	13,55	13,35	216	
202	13,3	1000gr	13,00	1000gr	13,50	13,34	202	111
203	13,3	Wasser	13,00	Wasser	13,44	13,32	221	

Hier haben wir also drei Reihen Versuche; ein Aeq. salpetersaures Kali ist durch 1, 2 und 4 Aeq. Schwefelsäure zersetzt worden, und die entwickelte Wärme ist 65, 99 und 111 Wärmeeinheiten. Der Formel (39) zufolge sollte die entwickelte Wärme sich wie $\frac{1}{2} : \frac{2}{3} : \frac{4}{3}$ verhalten; nun ist aber

$$65 : \frac{1}{2} = 130$$

$$99 : \frac{2}{3} = 148$$

$$111 : \frac{4}{3} = 134.$$

Es stimmen also die Resultate hinlänglich mit der Formel überein. Als Mittel erhält man $C = 140$, und

$$\frac{1}{2} C = 70$$

$$\frac{2}{3} C = 93$$

$$\frac{4}{3} C = 111$$

was mit den oben erhaltenen Größen übereinstimmt.

Wie vorhin entwickelt worden, ist aber

$$C = (KAq, SAq) - (KAq, NAq) = 278^{\circ}$$

während der aus den Versuchen abgeleitete Werth 140° ist. Es scheint also, dass die Zersetzung von einer anderen wärmebindenden Wirkung begleitet ist, über deren Natur fernere Versuche Aufklärung geben müssen. Wie dem auch sey, so zeigen doch die Versuche deutlich, dass die Schwefelsäure nicht die Salpetersäure vollständig aus ihrem in Wasser gelöstem Salze auszuscheiden vermag, und dass der Grad der Ausscheidung von der Menge der Schwefelsäure abhängig ist.

Bei der Zersetzung des chlorsauren Kalis mittelst Schwefelsäure zeigt sich ein ganz ähnliches Verhältnis; die Versuche sind folgende;

No.	T	B	t_0	A	t_a	t_s	R'	Mittel
XL. (KClAq, S ²⁻ Aq)								
204	18,3	KCl	18,51	S	18,12	18,43	71	73
205	18,3	und	18,40	$a = 500$	18,00	18,32	75	
206	18,3	1000gr	18,40	4S	18,60	18,54	118	122
207	18,3	Wasser	18,38	$a = 600$	18,62	18,54	127	

Es ist in den Versuchen 1 Aeq. chlorsaures Kali mit 1 und 4 Aeq. Schwefelsäure zersetzt worden, es sollen also die Wärmemengen sich wie $\frac{1}{4} : \frac{4}{1}$ verhalten. Nun ist
 $\frac{1}{4} \cdot 150 = 75$
 $\frac{4}{1} \cdot 150 = 120$

was mit den Versuchen hinlänglich übereinstimmt.

§. 31.

Ein von dem besprochenen Verhältnisse ganz verschiedenes Verhalten zeigen die unvollständigen Säuren, wenn ihre Salze durch eine vollständige Säure wie die Schwefelsäure oder die Salpetersäure zersetzt werden. Ich stelle erst die Versuche dar und werde sie demnächst besprechen. Es ist $a = 500$, $b = 1000$ gr.



No.	T	B	t_b	A	t_a	t_e	R'	Mittel
XLI. (NaB ³ Aq, S ² Aq)								
208	15,8		14,92		16,90	15,74	295	288
209	15,8		15,00	2S	16,79	15,75	281	
210	15,8	NaB ³	14,94	S	16,78	15,85	507	515
211	15,8		14,98		16,60	15,83	522	
212	15,8		15,02	2S	16,34	15,79	548	
213	15,8		15,07		16,18	15,78	559	553

In den Versuchen ist also ein Aeq. des doppelt borsauren Natrons mit $\frac{1}{2}$, 1 und 2 Aeq. Schwefelsäure zersetzt worden, und die Wärmeentwickelung 288, 515 und 553° gewesen. Betrachten wir erst die mittlere Grösse. Es ist den angeführten Versuchen zufolge

$$(\text{NaAq}, \text{SAq}) - (\text{NaAq}, \text{B}^3\text{Aq}) = 1921 - 1415 = 506^\circ$$

Durch Zersetzung des NaB³ mittelst 1 Aeq. Schwefelsäure ist 515° gefunden; es zeigt also dieses, dass die Borsäure durch die Schwefelsäure *vollständig* aus ihrer Verbindung mit dem Natron geschieden worden ist.

Wendet man nur ein halbes Aeq. Schwefelsäure an, dann ist die entwickelte Wärme zusammengesetzt aus zwei Grössen; erstens ist sie $\frac{1}{2} \cdot 506$, weil nur $\frac{1}{2}$ Aeq. Schwefelsäure zugegen ist, und zweitens verbindet sich die freigegebene Borsäure mit der anderen Hälfte des Salzes. Es ist also die ganze Wärme

$$\frac{1}{2}[(\text{NaAq}, \text{SAq}) - (\text{NaAq}, \text{B}^3\text{Aq})] + \frac{1}{2}(\text{NaB}^3\text{Aq}, \text{B}^3\text{Aq}) \\ = 253 + \frac{1}{2} \cdot 53 = 280^\circ$$

welches ganz mit dem Resultate des Versuches übereinstimmt.

Werden aber zwei Aeq. Schwefelsäure angewendet, dann ist die entwickelte Wärme 553°, also um 47° grösser, als sie zufolge der Zersetzung seyn sollte. Es ist also die Frage, ob nicht das eine freie Aeq. Schwefelsäure auf die in Freiheit gesetzte Borsäure zu wirken vermöge, und der Ueberschuss an Wärme von einer solchen Wirkung herühre. Der Versuch hat es bestätigt:

Es ist $A = 1,5 B$, $a = 500$

No.	T	B	b	t_b	t_a	t_r	R'	Mittel
XLII. (BAq, S ³ Aq)								
214	18,6	---	---	500	19,58	18,88	19,28	34
215	18,6	S	---		19,25	18,90	19,12	38
216	18,6	---	---		19,03	18,90	19,03	65
217	18,6	3S	1000		19,02	18,90	19,03	76

Es zeigt sich also aus diesen Versuchen, dass *freie Borsäure auf freie Schwefelsäure wirkt* und Wärme entwickelt, und dass also der Ueberschuss an Wärme beim Zersetzungsvortheile des borsauren Natrons mittelst zwei Aeq. Schwefelsäure von dieser Wirkung herrührt.

Eine eben so vollständige Zersetzung bewirkt bei den phosphorsauren Salzen die Schwefelsäure; $\frac{1}{3}$ Aeq. des dreibasischen phosphorsauren Natron (Na^3P) wurde mit 1 Aeq. Schwefelsäure zersetzt, also mit so viel Schwefelsäure als nothwendig war, um die Basis zu neutralisiren. Es war $a = 500$, $b = 1000$ gr.

No.	T	B	t_b	A	t_a	t_r	R'
XLIII. ($\text{Na}^3\text{PAq}, \text{S}^3\text{Aq}$)							
218	21,4	---	---	21,04	21,94	21,62	501
219	21,4	$\frac{1}{3}\text{Na}^3\text{P}$	---	20,89	21,87	21,50	513

Das Mittel aus den Versuchen ist 507° ; nun entwickelt aber die Schwefelsäure durch Neutralisation mit dem Natron 1921° , also sind durch die Zersetzung des phosphorsauren Natron verschluckt worden $1921 - 507 = 1414^\circ$. Durch Bildung des dreifach phosphorsauren Natron entwickelt sich aber 4133° , also für jedes Aeq. Natron im Salze 1378° , welche Grösse von der oben gefundenen 1414° nur um 36° abweicht. Es zeigt dieses, dass die Phosphorsäure durch die Schwefelsäure *vollständig* aus ihrer Verbindung mit dem Natron ausgetrieben worden ist.

Es ist höchst wahrscheinlich, dass die Kieselsäure eben so wie die Borsäure und Phosphorsäure *vollständig* aus ihren Salzen mittelst *vollständiger Säuren* ausgetrieben werde. Auf diese Weise konnte ich denn die Neutralisa-

tionswärme der Kieselsäure bestimmen, indem ich das kieselsaure Kali durch Salpetersäure zersetzte; die Kieselsäure blieb in der Lösung und selbst nach acht Tagen hatte sich die Lösung nicht einmal getrübt. Die Versuche sind folgende: $a = 500$, $b = 1000$ gr.

No.	T	B	t_b	A	t_a	t_s	R'
XLIV. (KSi ⁴ Aq, N Aq)							
220	18,0	N	{ 17,16	{ KSi ⁴	{ 18,26	{ 17,90	609
221	18,0		{ 17,49	{	{ 18,21	{ 18,10	599

Das Mittel aus den Versuchen ist 604°, und da nun (KAq, NAq) = 1643, erhält man, wie oben gezeigt worden ist, (KAq, Si⁴Aq) = 1039°.

§. 32.

Es geht also aus den gesammten Versuchen hervor, dass es unter den Säuren wenigstens zwei Gruppen gibt, die sich durch ihre Eigenschaften wesentlich unterscheiden.

Die Säuren der einen Gruppe, die vollständigen Säuren, wie z. B. die Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlorsäure u. s. w., vereinigen sich stets in einem constanten Verhältnisse mit den Basen in der wässrigen Lösung; es ist die wahre Neutralisation.

Die Säuren der anderen Gruppe dagegen, wie die Borsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure u. s. w., vereinigen sich in der wässrigen Lösung nicht in bestimmten Verhältnissen mit der Basis; sie wirken durch ihre Masse, und der Grad der Sättigung der Basis ist von der Masse der Säure abhängig.

Die Säuren der letzteren Gruppe sind in der wässrigen Lösung als schwache Säuren zu betrachten; denn sie werden von den Säuren der ersten Gruppe vollständig aus ihren Salzen ausgeschieden.

Die Säuren der ersten Gruppe können sich dagegen nicht gegenseitig vollständig aus ihren Verbindungen ausscheiden; sie wirken dann durch ihre Masse, und der Grad der Zer-

setzung ist von der Masse der hinzugefügten Säure abhängig.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass unter den basischen Oxyden gleiche Verschiedenheiten existiren, dass es unter ihnen Körper giebt, die nicht fähig sind die Säuren vollständig zu neutralisiren. Die Schwierigkeit, die Sache auf thermo-chemischem Wege zu untersuchen, liegt in der Unlöslichkeit der Oxyde. Es findet sich zwischen den starken Säuren und den starken Basen ein vollständiger Uebergang, so dass man nur mit Unsicherheit bestimmen kann, ob diejenigen Oxyde, die an der Gränze liegen, der einen oder anderen Seite angehörig sind. In der Reihe der Oxyde sind die Säuren und Basen mit stark hervortretendem Charakter durch eine Reihe von Oxyden, denen die Fähigkeit des Neutralisirens mehr oder weniger fehlt, getrennt. Unter diesen Oxyden, denen ein bestimmter Charakter abgeht, trifft man die mannigfältigsten Verbindungen, gerade weil ihnen das Bestreben fehlt sich nach bestimmten Verhältnissen zu verbinden. Hierher gehört wahrscheinlich auch das Wasser, denn sein Verhalten gegen die übrigen Oxyde spricht ganz für die Meinung; das Wasser ist nicht im Stande, weder die Säuren noch die Basen zu neutralisiren, wohl aber ihre stark hervortretenden Eigenschaften zu dämpfen, und in einem Grade, welcher von der Masse des Wassers abhängig ist. Das Wasser wird, wie die Phosphorsäure, stark von den Alkalien gebunden, aber doch vollständig von diesen durch eine Säure geschieden, ebenso wie die Verbindungen des Wassers mit den Säuren von den Basen vollständig zersetzt werden.

Die Analogie mit dem Wasser stellt sich namentlich bei der Kieselsäure deutlich heraus; denn ihr thermisches Verhalten gegen die Basen ist ganz analog dem, welches das Wasser gegen die starken Oxyde zeigt. Man wird sich erinnern, dass die Wärmeentwickelung, welche durch Mischung eines Aeq. von einem Oxyd mit a Aeq. Wasser entsteht, durch die Formel (29)

$$W_a = \frac{a}{a+n} C$$

ausgedrückt wird. Diese ist aber auch die Formel, welche die Wärmeentwickelung ausdrückt, welche durch Verbindung der Kieselsäure mit dem Kali entsteht. Berechnet man durch die Methode der kleinsten Quadrate den Werth der Constanten n und C , so erhält man:

$$n = 5,467$$

$$C = 2484^\circ$$

und die Formel wird also

$$W_a = (K\text{Aq}, a\text{SiAq}) = \frac{a}{a + 5,467} 2484^\circ \quad (40)$$

Aus dieser Formel berechnen sich folgende Werthe

a	(K\text{Aq}, a\text{SiAq})	
	Theorie	Versuch
$\frac{1}{2}$	208	201
1	384	391
$1\frac{1}{2}$	535	546
2	665	669
4	1049	1039

Die Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Versuche und den aus der Formel berechneten Werthen ist deutlich.

Bei der Borsäure und der Phosphorsäure ist das Verhältniss ein zusammengesetzteres, denn da tritt zugleich der bestimmtere Charakter der Säure hervor; bei der Kieselsäure aber, der das Neutralisationsvermögen, wenigstens in wässrigen Lösungen, fast durchaus fehlt, zeigt sich die Wirkung der Masse deutlich. Ein ähnliches Verhältniss wird man gewifs bei vielen Oxyden finden, besonders bei denen, die einen indifferenten oder amphoteren Charakter besitzen und den Uebergang zwischen den Säuren und Basen bilden.

In der wässrigen Lösung tritt die Kieselsäure in ihren Verbindungen nur mit höchstens 4 Aeq. gegen 1 Aeq. Basis auf; in der Mineralogie dagegen findet man die Kieselsäure in fast allen möglichen Verhältnissen, gewifs nur deshalb, weil ihr ein bestimmter Charakter fehlt. Wäre

es nicht natürlicher die Kieselsäure in den Mineralien wie ein dem Wasser ähnlichen Körper zu betrachten als wie eine Säure? Man würde wenigstens dadurch viele der complicirten Formeln, welche doch die wahre Zusammensetzung nicht ausdrücken, vereinfachen können.

(Fortsetzung folgt).

IV. Ueber die Anwendung des Cyankaliums in der analytischen Chemie; von Heinr. Rose.

(Fortsetzung und Schluss von Bd. 90, S. 208).

III. Wismuthverbindungen.

Wird Wismuthoxyd mit Cyankalium geschmolzen, so erhält man eine durchsichtige Masse, auf deren Boden die ganze Menge des reducirten Wismuths zu einer grossen Kugel zusammengeschmolzen liegt. Aufser dieser Kugel findet man beim Auflösen der geschmolzenen Masse nur Spuren von pulverförmigem schwarzem Wismuth. In der vom metallischen Wismuth getrennten klaren farblosen Lösung kann durch Schwefelwasserstoffwasser und durch Schwefelammonium keine Bräunung erhalten werden. Das Wismuth wird so vollständig aus dem Oxyde durch Cyankalium reducirt, daß man sich desselben bei quantitativen Untersuchungen wird bedienen können. 1,547 Grm. Wismuthoxyd, das durch Glühen des basisch-salpetersauren Salzes erhalten war, gaben 1,382 Grm. oder 89,33 Proc. metallisches Wismuth, das mit reinem Wasser ausgewaschen wurde. Im Oxyde sind 89,65 Proc. Metall enthalten.

Auch Schwefelwismuth mit Cyankalium geschmolzen wird vollständig zu metallischem Wismuth reducirt. Da das Schwefelwismuth von dem Schwefelarsenik und dem Schwefelantimon, mit welchem letzteren es besonders Aehnlichkeit hat, sich dadurch wesentlich unterscheidet, daß es

kein Sulphid ist, und keine Schwefelsalze mit basischen Schwefelmetallen zu bilden im Stande ist, welche der Zersetzung vermittelst des Cyankaliums widerstehen wie jene Schwefelmetalle, so wird beim Schmelzen mit demselben nur Rhodankalium gebildet und Wismuth ausgeschieden. Die vom reducirten Metalle getrennte Flüssigkeit enthält kein Wismuth; mit Chlorwasserstoffsäure gesättigt, entwickelte sich eine Spur Schwefelwasserstoff, so dass sich etwas Schwefelkalium gebildet haben muss. Durch Zusatz von Eisenchlorid färbte sich die Lösung tief blutrot.

Das Schwefelwismuth war durch Fällung einer Lösung von salpetersaurem Wismuthoxyd in Salpetersäure vermittelst Schwefelwasserstoffgas erhalten worden.

1,159 Grm. desselben vermittelst Schmelzens mit Cyankalium reducirt gaben 0,930 Grm. metallisches Wismuth, das mit kaltem Wasser ausgewaschen wurde. Dies entspricht nur 80,24 Proc. Wismuth im angewandten Schwefelwismuth, während nach der Berechnung darin 81,20 Proc. enthalten seyn müfsten. Aber aus demselben Schwefelwismuth konute durch Behandlung mit Salpetersäure, und Fällung des Wismuthoxyds durch kohlensaures Ammoniak von 1,196 Grm. nur 1,051 Grm. davon erhalten werden, die nur 78,81 Proc. Wismuth entsprechen. — Das angewandte Schwefelmetall war daher nicht von gleicher Beschaffenheit. Uebrigens bin ich der Meinung, dass im Schwefelwismuth eben so gut wie im Wismuthoxyd die Menge des darin enthaltenen Metalls vermittelst des Schmelzens mit Cyankalium gut und richtig bestimmt werden kann.

Beim Schmelzen findet ein Sprützen statt. Geschieht dasselbe in einem kleinen Porcellantiegel, so wird etwas von der schmelzenden Masse gegen die Unterseite des Deckels gesprützt; und etwas vom Schwefelwismuth entzieht sich dadurch der Einwirkung des schmelzenden Cyankaliums. Wenn man daher das ausgewaschene reducirete Wismuth nach dem Zerreiben mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, so entsteht oft dadurch ein sehr schwacher Geruch nach Schwefelwasserstoff, der sich nicht zeigt, wenn

das Schmelzen in einem gröfseren Tiegel stattgefunden hatte, und durch Sprützen nichts von der schmelzenden Masse gegen den Deckel gesehleudert worden war.

Während Schwefelwismuth leicht durch Chlorwasserstoffsaure unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zersetzt wird, widersteht das aus Wismuthoxydösungen vermittelst Schwefelwasserstoff gefällte Schwefelmetall der Oxydation durch die Luft und zwar besser als andere durch Schwefelwasserstoff gefällte Schwefelmetalle. Es kann sehr lange bei 100° C. getrocknet werden, ohne eine Gewichtsveränderung zu erleiden. Wird es bis zu 200° erhitzt, so verliert es 0,13 Proc.; erhöht man die Temperatur bis zur dunkelsten Rothgluth, so verliert es noch 0,54 Proc., also im Ganzen 0,67 Proc. Wiederholt derselben dunklen Rothgluth ausgesetzt, wurde es nicht mehr im Gewicht verändert. — Es ist bekannt, dass das Schwefelwismuth bei erhöhter Temperatur Schwefel verliert, aber erst bei einer höheren Temperatur als bei der dunkelsten Rothgluth. Ich lasse es daher unausgemacht, ob der geringe Gewichtsverlust beim Erhitzen des Schwefelwismuths in Schwefel bestanden habe, oder vielleicht wie bei dem ihm ähnlichen Schwefelantimon in Wasser.

IV. Bleiverbindungen.

Bleioxyd mit Cyankalium im Porcellantiegel geschmolzen wird vollständig reducirt. Man erhält nach Behandlung der geschmolzenen Masse mit Wasser fast alles reducirete Blei als eine Kugel, und nur eine sehr geringe Menge desselben im pulverförmigen Zustande.

In der Lösung können auf keine Weise Spuren von Blei nachgewiesen werden. Weder Schwefelwasserstoffwasser erzeugte darin eine Bräunung, noch konnte dieselbe nach gänzlicher Zerstörung des Cyankaliums durch Schwefelsäure oder Chlorwasserstoffsäure und Abdampfung bis zur Trockniß durch Schwefelammonium hervorgebracht werden. Wurde indessen das reducirete Blei mit der Lösung der geschmolzenen Masse sehr lange in Berührung

gelassen, so konnte zwar in dieser durch Schwefelammonium keine Bräunung wahrgenommen werden, wohl aber konnte, obgleich eine sehr schwache, hervorgebracht werden, wenn die filtrirte Lösung nach dieser eben erwähnten Weise behandelt wurde.

0,926 Grm. reines Bleioxyd mit Cyankalium geschmolzen gaben 0,861 Grm. metallisches Blei oder 92,98 Proc., das zuletzt mit verdünntem Alkohol ausgewaschen wurde. Es hätten 0,860 Grm. oder 92,83 Proc. erhalten werden müssen.

Man sieht, dass man sich mit Vortheil des Cyankaliums zur quantitativen Bestimmung des Bleis im Bleioxyd bedienen kann; doch ist es anzurathen, das reducire Metall zuletzt mit verdünntem Alkohol auszuwaschen, und nicht zu lange mit der wässrigen Lösung der geschmolzenen Masse in Berührung zu lassen.

Wichtiger als die Bestimmung des Bleis im Bleioxyd ist die im *schwefelsauren Bleioxyd*, welche nach den bisherigen Methoden mit einigen Schwierigkeiten verknüpft ist. Sie gelingt vortrefflich vermittelst des Cyankaliums.

2,313 Grm. vom schwefelsauren Bleioxyd mit der vierfachen Menge von Cyankalium geschmolzen gaben 1,586 Grm. metallisches Blei oder 68,57 Proc. Der Rechnung nach sind in jener Menge 68,31 Proc. enthalten.

Das Blei wird aus dem schwefelsauren Bleioxyd durch Cyankalium gewöhnlich nicht in einer grossen Kugel, sondern in mehreren Kägelchen, die sich vollständig ausplatten liessen und als schwarzes Pulver reducirt, das zuletzt mit verdünntem Alkohol ausgewaschen und bei 100° C. getrocknet wurde. Dieses Pulver, so wie die ausgeplatteten Kugeln entwickelten beim Erhitzen mit Chlorwasserstoff-säure nicht den mindesten Geruch nach Schwefelwasserstoff. Es war indessen die Schwefelsäure aber nur zu einem sehr kleinen Theile reducirt und Rhodankalium gebildet worden, denn die wässrige Lösung der geschmolzenen Masse wurde nach der Neutralisirung mit Chlorwasserstoffsäure durch Eisenchloridlösung blutroth, indessen nicht sehr stark;

mit Chlorbaryum hingegen gab sie einen sehr starken Niederschlag von schwefelsaurer Baryterde.

Andere schwefelsauren Salze, deren Basen durch Cyan-Kalium nicht zu Metall reducirt werden wie z. B. schwefelsaures Kali veranlassen beim Schmelzen mit Cyankalium nicht die Bildung von Rhodankalium, wenigstens nicht bei den Temperaturen welche ich anwendete. Bei den schwefelsauren Salzen, deren Basen durch Cyankalium beim Schmelzen zum Theil oder vollständig reducirt werden, findet die Entstehung von Rhodankalium gewöhnlich statt, in einigen Fällen indessen nicht, wie z. B. beim schwefelsauren Kobaltoxyd.

Wird phosphorsaures Bleioxyd mit Cyankalium zusammengeschmolzen, so wird das Bleioxyd zu Metall reducirt, das aber nicht zu einer großen Kugel sondern zu vielen kleinen Körnern zusammengeschmolzen erhalten wird. Wenn das Schmelzen nur kurze Zeit gewährt, und bei zu niedriger Temperatur stattgefunden hat, so enthält nach Behandlung der geschmolzenen Masse mit Wasser die vom metallischen Blei getrennte Flüssigkeit noch Bleioxyd, und es wird in ihr ein Niederschlag von Schwefelblei durch Schwefelwasserstoffwasser erzeugt. Die Lösung ist aber ganz frei von Bleioxyd, wenn die Temperatur beim Schmelzen hinreichend hoch gewesen ist. Wird die wässrige Lösung mit Salpetersäure übersättigt, und der größte Theil der Cyanwasserstoffsäure durch gelindes Erwärmen verjagt, so bringt salpetersaures Silberoxyd nur einen geringen Niederschlag von Cyansilber hervor, nach dessen Abscheidung durch Sättigung vermittelst Ammoniaks gelbes phosphorsaures Silberoxyd gefällt wird. Die Phosphorsäure wird also beim Schmelzen des phosphorsauren Bleioxyds mit Cyankalium nicht reducirt.

Wird Schwefelblei mit Cyankalium geschmolzen, so wird es reducirt; es bildet sich Rhodankalium und metallisches Blei. Letzteres scheidet sich als eine oder einige Kugeln und als schwarzes Pulver aus. Jene lassen sich vollkommen ausplatten; das schwarze Pulver aber, so oft ich es

auch aus dem Schwefelblei durch Cyankalium dargestellt habe, entwickelte, mit erhitzter Chlorwasserstoffsäure behandelt, deutlich einen schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff. Es war dies der Fall, wenn Schwefelblei angewendet wurde, das sowohl auf trockenem als auch auf nassem Wege dargestellt worden war. — Die vom metallischen Blei getrennte Lösung enthält keine Spuren von Blei.

Zu den quantitativen Versuchen wurde Schwefelblei angewandt, das aus einer Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, zu welcher noch freie Essigsäure hinzugefügt worden war, vermittelst Schwefelwasserstoffs gefällt worden. Nach dem Auswaschen wurde dasselbe bei 100° C. getrocknet.

0,988 Grm. von demselben, mit der fünffachen Menge von Cyankalium geschmolzen, gaben 0,809 Grm. metallisches Blei, oder 81,88 Proc. Dies ist bedeutend weniger als im reinen Schwefelblei wirklich enthalten ist, denn dies enthält 86,57 Proc. metallisches Blei. Als von dem zur Untersuchung angewandten Schwefelblei nach dem Trocknen bei 100° 1,550 Grm. durch Salpetersäure oxydiert worden, wurden 1,841 Grm. schwefelsaures Bleioxyd, in welchem 80,78 Proc. metallisches Blei enthalten sind, erhalten. Die grösere Menge des durch Schmelzen mit Cyankalium erhaltenen Bleis röhrt offenbar davon her, dass in diesem noch etwas Schwefel vorhanden war.

Bei einem anderen Versuche wurden aus 1,065 Grm. des bei 100° C. getrockneten Schwefelbleis durchs Schmelzen mit Cyankalium 0,828 Grm. oder nur 77,78 Proc. metallisches Blei erhalten, das mit verdünntem Alkohol ausgewaschen wurde. Von demselben Schwefelblei gaben durch die Behandlung mit Salpetersäure 0,904 Grm. 1,002 Grm schwefelsaures Bleioxyd, die 75,66 Proc. metallischem Blei entsprechen, also ebenfalls etwas weniger, als die Reduction vermittelst Cyankaliuns gegeben hatte.

Es folgt aus diesen Versuchen, dass das Schwefelblei nicht ganz vollständig durch Cyankalium in metallisches Blei verwandelt wird; das erhaltene Blei enthält immer

noch eine kleine Menge von Schwefel, auch wenn das Schmelzen längere Zeit fortgesetzt wird.

Aber es folgt auch aus diesen Versuchen offenbar, dass das durch Schwefelwasserstoff aus Bleioxydlösungen erhaltenen, und bei 100° getrocknete Schwefelblei nicht rein seyn kann, sondern bedeutend weniger Blei enthält, als ihm nach der Berechnung zukommt.

Man bestimmt das Blei, wenn man es in Auflösungen von anderen Metallen getrennt hat, sehr häufig als Schwefelblei, nachdem es durch Schwefelwasserstoffgas aus den Auflösungen des Oxyds gefällt worden ist. Auch ich bin bis jetzt der Meinung gewesen, dass diese Bestimmung des Bleis eine genaue sey, da das Schwefelblei während des Filtrirens an der Luft sich nicht zu oxydiren scheint¹⁾. Dies ist indessen nicht der Fall; während des Trocknens bei 100° C. nimmt das Gewicht des Schwefelmetalls so zu, dass die Berechnung des Bleies daraus mit großer Unsicherheit verbunden ist. Schwefelblei, welches aus einer Auflösung des essigsauren Bleioxyds durch Schwefelwasserstoffgas gefällt, und das so lange mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser ausgewaschen worden war, bis das Waschwasser das Lackmuspapier nicht mehr röthete, nahm, nachdem es bei 100° getrocknet und gewogen worden, innerhalb 4 Tagen um 4,05 Proc. an Gewicht zu, nach welcher Zeit letzteres dann ferner ziemlich unverändert blieb.

2,540 Grm. salpetersaures Bleioxyd wurden nach der Lösung in Wasser durch Schwefelwasserstoffgas vollständig als Schwefelblei gefällt, und auf einem gewogenen Filter so lange mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser ausgewaschen, bis Lackmuspapier nicht mehr vom Waschwasser geröthet wurde. Es wurden 1,879 Grm. bei 100° C. getrockneten Schwefelbleis erhalten, dessen Gewicht sich aber bis 1,914 Grm. vermehrte, als es noch länger der Temperatur von 100° C. ausgesetzt wurde, sich dann aber ferner nicht mehr an Gewicht zu verändern schien. Der ange-

1) Ausführliches Handbuch der analyt. Chemie, Bd. 2, S. 174.

wandten Menge des salpetersauren Bleioxyds entspricht nach der Berechnung nur 1,835 Grm. Schwefelblei.

Ich hoffte die Oxydation des fein zertheilten Schwefelbleis auf die Weise zu verhindern, dass, nachdem es nach der Fällung aus einer Lösung von salpetersaurem Bleioxyd vermittelst des Schwefelwasserstoffgases so lange ausgewaschen worden, dass das Waschwasser das Lacknuspapier nicht mehr röthete, es sogleich mit Alkohol übergossen, und nach dessen Ablaufen rasch bei 100° getrocknet wurde. Aber auch durch diesen Handgriff wurde kein genaues Resultat erhalten. 1,243 Grm. salpetersauren Bleioxyds, die 0,898 Grm. Schwefelblei, oder 62,56 Proc. Blei entsprechen, gaben auf diese Weise 0,922 Grm. Schwefelblei, welche von 64,20 Proc. Blei ein Aeq. sind.

Man sieht aus diesen Versuchen, dass die Bestimmung des Bleis in Auflösungen aus dem Gewicht des durch Schwefelwasserstoff erhaltenen Schwefelbleis ungenau ist. Man wird daher gezwungen seyn, das auf die erwähnte Weise erhaltene Schwefelblei in Zukunft in schwefelsaures Bleioxyd zu verwandeln, wenn daraus die Menge des Bleis mit Genauigkeit berechnet werden soll.

Es ist schon früher erwähnt worden, wie sich Schwefelblei mit Schwefelarsenik gemengt beim Zusammenschmelzen mit Cyankalium verhält¹⁾). Wurde Bleioxyd und etwas Schwefelarsenik, As S⁴, mit Cyankalium in einem Glaskölbchen zusammengeschmolzen, so erhielt ich einen unbedeutenden Spiegel von metallischem Arsenik, doch nur weil nicht die hinreichende Menge von Bleioxyd hinzugefügt worden, oder weil vielleicht das Schwefelarsenik von dem Cyankalium früher zersetzt wird, ehe dasselbe auf das Bleioxyd wirken kann. Geschieht die Schmelzung mit grösseren Mengen in einem kleinen Porcellantiegel, und wird die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt, so bleiben grosse Kugeln von metallischem Blei und ein schwarzes Pulver ungelöst, das mit Chlorwasserstoffäsre erhitzt, Schwefelwasserstoffgas entwickelte, und mit Soda auf Kohle

1) Pogg. Ann., Bd. 90, S. 197.

in der Löthrohrflamme geschmolzen nur einen sehr schwachen Geruch nach Arsenik verbreitete. Dahingegen rochen die grossen Bleikugeln auf Kohle geschmolzen sehr stark nach Arsenik; sie ließen sich zwar auf dem Ambos ausplatten, waren aber härter als reines Blei. — Die filtrirte wässrige Lösung gab durch die Sättigung vermittelst Chlorwasserstoffsaure einen Niederschlag von gelbem Schwefelarsenik, und in der getrennten schwach sauren Flüssigkeit wurde durch Eisenchloridlösung eine blutrothe Färbung hervorgebracht. Es hatte sich also ein Schwefelsalz des Arseniks und Rhodankalium gebildet.

V. Zinnverbindungen.

Zinnoxyd mit Cyankalium geschmolzen giebt eine klare durchsichtige Masse, während am Boden sich metallisches Zinn absetzt. Nach dem Erkalten ist die Masse milchweiss. Nach der Auflösung in Wasser bleibt das reducire Zinn in mehreren kleinen Kugelchen ungelöst zurück. Die filtrirte wässrige Lösung mit Chlorwasserstoffsaure gesättigt giebt mit Schwefelwasserstoffgas eine geringe gelbe Fällung von Schwefelzinn, auch wenn die Lösung sobald wie möglich vom metallischen Zinn abfiltrirt worden. Lässt man hingegen die Lösung längere Zeit mit dem Zinn in Berührung, 24 oder 48 Stunden, so ist die Menge des erhaltenen Schwefelzinns sehr beträchtlich. Löst man die geschmolzene Masse in verdünntem Alkohol auf, und filtrirt so bald wie möglich die Lösung vom metallischen Zinn, so enthält sie kein oder fast kein Zinn, wenigstens ist die Fällung von Schwefelzinn in der mit Salzsäure gesättigten Lösung ganz außerordentlich gering.

Jedenfalls scheint die Reduction des Zinns vermittelst des Cyankaliums nicht zu einer quantitativen Bestimmung dieses Metalls benutzt werden zu können. Abgesehen davon dass die Lösung der geschmolzenen Masse mehr oder weniger Zinn enthalten kann, wenn man dazu nicht wasserhaltigen Alkohol angewandt hat, so scheint ein Theil

des

des Zinnoxyds lange der reducirenden Wirkung des Cyankaliums zu widerstehen, und dies ist die Ursache, dass beim Schmelzen die kleinen Kugelchen des reducirten Metalls nicht zu einer grossen Kugel zusammenfließen können.

Sonderbar verhält sich das wasserfreie *Zinnoxydul* beim Schmelzen mit Cyankalium. Bringt man dasselbe in einen Porcellantiegel, legt Stücke von Cyankalium darauf, und erhitzt bis zum Schmelzen des letzteren, so wird das Pulver des Oxyduls von dem dünnflüssigen leicht schmelzbaren Cyankalium nicht benetzt, wodurch die Reduction des Oxyduls sehr erschwert wird. Röhrt man um, so kommt das Oxydul zum Theil an die Oberfläche und oxydirt sich hier größtentheils durch den Zutritt der Luft zu Oxyd. Diese sonderbare Erscheinung konnte nicht verhindert werden, wenn das Zinnoxydul vor dem Schmelzen mit Wasser oder Alkohol angerieben wurde. Nach längerem Schmelzen wurde Zinn reducirt, das nach Behandlung der Masse mit Wasser als kleine Kugelchen ungelöst blieb, gemengt mit noch vielem oxydirtem Zinn.

Entwässertes *Zinncchlorür* mit Cyankalium zusammengeschmolzen giebt eine zuerst schwer, beim längeren Erhitzen aber leicht schmelzende Masse, welche nach dem Erkalten eine bräunliche Farbe hat. Sie löst sich im Wasser mit Zurücklassung von metallischem Zinn, das gewöhnlich nach längerem Schmelzen eine oder einige zusammenhängende Kugeln bildet, und von einer sehr geringen Menge eines bräunlichen Pulvers, das Zinnoxydul ist, denn es löst sich leicht in Chlorwasserstoffsäure, und diese Lösung giebt mit Schwefelwasserstoffwasser einen braunen Niederschlag. Dieses Zinnoxydul ist durch etwas zu starke Hitze beim Entwässern des Chlorurs entstanden. Die filtrirte wässrige Lösung enthält Spuren von Zinnoxyd, doch kaum, wenn die geschmolzene Masse in verdünntem Alkohol gelöst worden war. — Enthält das entwässerte Zinncchlorür kein Zinnoxydul, so ist die mit Cyankalium geschmolzene

Massen weiß und hinterlässt bei der Auflösung in Wasser kein braunes Oxydul.

Wird schwarzes Schwefelzinn mit Cyankalium zusammengeschmolzen, so wird die Masse, welche während des Schmelzens stark steigt, braun, aber nach dem Erkalten gelblich. Sie löst sich in Wasser unter Abscheidung eines braunen Pulvers, und mit Zurücklassung von einem bedeutenden Zinnkorn auf, das sich wie reines Zinn aussplatten lässt. Die filtrirte Lösung enthält kein Rhodankalium; mit Chlorwasserstoffsäure etwas übersättigt, wird unter Entwicklung von Cyanwasserstoff — und Schwefelwasserstoffgas gelbes Schwefelzinn gefällt.

Das braune Pulver löste sich nach dem Filtriren durch das heiße Waschwasser zu einer braunen Flüssigkeit auf, die alkalisch reagirte. Wurde sie durch Chlorwasserstoffsäure übersättigt, so entwickelte sich etwas Schwefelwasserstoff und es schied sich braunes Schwefelzinn ab. In der filtrirten Lösung zeigte Eisenchlorid nicht die Gegenwart des Rhodankaliums an.

Beim Schmelzen mit Cyankalium hatte also das schwarze Schwefelzinn unter Abscheidung von metallischem Zinn sich in das höchste Schwefelzinn verwandelt, das sich als Sulphid mit erzeugtem Schwefelkalium zu einem im Wasser löslichen Schwefelsalze verband, welches der Einwirkung des Cyankaliums widersteht, zugleich hatte sich noch etwas Zinnsulphuret mit Schwefelkalium zu einer in heißem Wasser löslichen Verbindung vereinigt.

Auf trockenem Wege dargestelltes gelbes Zinnsulphid (Musivgold) mit Cyankalium geschmolzen, giebt eine Masse, welche im flüssigen Zustande rothbraun aussieht, nach dem Erkalten aber ganz weiß wird. Sie löst sich vollständig in Wasser und in wasserhaltigem Weingeist auf, ohne metallisches Zinn zu hinterlassen; nur bisweilen wird eine sehr kleine Menge von Metall reducirt. Die Lösung giebt, mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure gesättigt, einen Niederschlag von gelbem Schwefelzinn; in der filtrirten Lösung zeigt Eisenchlorid die Abwesenheit von Rhodankalium.

lium an; nur bisweilen zeigen sich schwache Spuren davon, indem dadurch die Flüssigkeit sehr schwach röthlich wird.

Es sind also die Schwefelverbindungen von Zinn, von Antimon und von Arsenik, welche mit Cyankalium geschmolzen die Bildung von im Wasser löslichen Schwefelsalzen veranlassen, wodurch eine quantitative Bestimmung dieser Metalle unmöglich wird, die nur bei den oxydirtten Verbindungen derselben möglich wäre, aber aus ausführlich erwähnten Gründen auch dann nicht von hinreichen-
der Genauigkeit ist. — Das Verhalten der Schwefelverbindungen der erwähnten Metalle gegen Cyankalium ist aber insofern wesentlich von einander verschieden, als nur das Schwefelzinn vollständig durch Schmelzen mit Cyankalium in ein Schwefelsalz verwandelt wird, während vom Schwefelantimon und Schwefelarsenik nur ein Theil ein Schwefelsalz bildet, ein anderer Theil des Schwefelmetalls aber unter Bildung von Rhodankalium zu Metall reducirt wird. Es kann daher nur bei denjenigen Schwefelmetallen, welche beim Schmelzen mit Cyankalium kein Schwefelsalz und unter Abscheidung von Metall nur Rhodankalium bilden, wie Schwefelwismuth und Schwefelblei, die richtige Menge des Metalls durch Reduction vermittelst Cyankaliums gefunden werden. Dafs beim Schwefelblei dies nicht vollständig zu erlangen ist, ist oben bemerkt worden.

V. Herleitung der *Fresnel'schen Reflexions- formeln*; von Beer in Bonn.

Die Gesetze, welche die Intensitätsverhältnisse des Lichtes bei seinem Uebergange aus einem amorphen Mittel in das andere regeln, finden — wie dies schon lange bekannt ist — nur in gewissen seltenen Fällen ihren genauen Ausdruck in den sogenannten *Fresnel'schen Formeln*, da

nämlich, wo eine vollkommen geradlinige Polarisation durch Reflexion möglich ist. Im Allgemeinen aber zeigt, wie die sorgfältigen Untersuchungen Jamin's ergeben haben, ein geradlinig polarisirter Strahl nach der Spiegelung elliptische Polarisation. Auf die Nothwendigkeit dieser Erscheinung hat Cauchy zuerst aufmerksam gemacht, und bereits seit den dreifziger Jahren hat er für die dabei waltenden Gesetze eine Reihe von Formeln veröffentlicht, ohne jedoch deren Ableitung ganz mitzutheilen. Diese Formeln kommen mit den Ergebnissen des Versuches so vollständig überein, als es nur gewünscht werden kann, und schliessen als specielle Fälle die Fresnel'schen Formeln ein. Gleichwohl muss nach den interessanten Bemerkungen, welche Hr. S. Haughton in dem Aufsatze »*On the Reflexion of Polarized Light from the Surface of Transparent Bodies*«¹⁾ gemacht hat, die *unbedingte* Annahme der Cauchy'schen Formeln einstweilen noch beanstandet werden: die von Haughton gehörig modifizirten Formeln Green's geben die Erscheinungen ebenso genau wieder, wie die von Cauchy, obgleich sie der Form nach von diesen verschieden sind. Bei solcher Sachlage hat die gesonderte Betrachtung der von Jamin sogenannten *neutralen* Reflexion, wo vollkommen geradlinige Polarisation stattfinden kann, immer noch ein Interesse, an das wir zu Gunsten folgender Herleitung der Fresnel'schen Formeln appelliren.

Von den beiden durch eine Ebene tt von einander getrennten Mitteln machen wir die Unterstellung, dass die von ihnen eingeschlossenen Aethermassen sich wie homogene einfache Systeme von gleichartigen Massenpunkten verhalten, die von inneren Elasticitätskräften sollicitirt werden. Jedes der Systeme für sich ist bis zu einer

1) *Phil. Mag.* 1853, Vol. VI. p. 81.

gewissen sehr kleinen Entfernung von der Trennungsfläche hin als isotrop zu betrachten. In der Nähe der letzteren Fläche aber findet ein zwar außerordentlich rascher, aber doch stetiger Uebergang aus dem Zustande des Aethers in dem einen Mittel in den des zweiten Mittels statt. Für das erste Mittel, das optisch dünner, sey *FFtt* der Raum, in welchem die Constitution des Aethers durch die Nähe des zweiten Mittels eine Modification erleidet. In allen Punkten einer mit *tt* parallelen Ebene ist auch in jenem Raume die Beschaffenheit des Aethers genau dieselbe. Die Entfernung zwischen *FF* und *tt* denken wir uns als gegen die Wellenlänge verschwindend. Analoges gilt für das zweite optisch dichtere Mittel. Die auf letzteres bezüglichen Größen werden wir stets accentuiren.

Cauchy hat gezeigt, daß man für eine Bewegung des homogenen Aethers, welche in Oscillationen besteht, deren Amplitude gegen die Entfernung zweier Aethertheilchen stets verschwindet, habe:

$$\begin{aligned} \frac{d^2\xi}{dt^2} = & \Sigma m f \cdot \frac{dx}{dr} + \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \cdot \frac{dx^2}{dr^3} \right) \Delta \xi + \Sigma m \varphi \cdot \frac{dx dy}{dr^3} \cdot \Delta \eta \\ & + \Sigma m \varphi \cdot \frac{dx dz}{dr^3} \cdot \Delta \zeta \end{aligned}$$

etc.

Besteht die Bewegung in der Fortpflanzung ebener Wellen, deren Länge gegen die Entfernung zweier Aethertheilchen sehr groß ist, und deren Gleichung $l = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E)$ ist, so gehen die obigen Gleichungen der Bewegung in folgende über:

$$\begin{aligned} \text{I. } \frac{d^2\xi}{dt^2} = & \Sigma m f \cdot \frac{dx}{dr} + \xi \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \cdot \frac{dx^2}{dr^3} \right) \left(-2 \sin \frac{\pi}{\lambda} \Delta E^2 \right) \\ & + \eta \Sigma m \varphi \cdot \frac{dx dy}{dr^3} \left(-2 \sin \frac{\pi}{\lambda} \Delta E^2 \right) \\ & + \zeta \Sigma m \varphi \cdot \frac{dx dz}{dr^3} \left(-2 \sin \frac{\pi}{\lambda} \Delta E^2 \right) \\ & + \frac{d\xi}{dE} \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \cdot \frac{dx^2}{dr^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \\ & + \frac{d\eta}{dE} \Sigma m \varphi \cdot \frac{dx dy}{dr^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \\ & + \frac{d\zeta}{dE} \Sigma m \varphi \cdot \frac{dx dz}{dr^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) \cdot \frac{\lambda}{2\pi}, \text{ etc.} \end{aligned}$$

Hat man es aber mit einer Bewegung zu thun, die zwar dieselbe Periode wie die eben erwähnte hat, übrigens aber ganz beliebig ist, so lässt sich dieselbe darstellen durch die Gleichungen

$$\xi = \varrho \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E) \text{ etc.},$$

wo ϱ und die analogen Größen Functionen der Coordinaten sind. Alsdann findet man aus den erst erwähnten Gleichungen solche, die sich von der Gleichung I. etc. dadurch unterscheiden, dass rechts neue Glieder hinzutreten.

Diese sind z. B. für die beschleunigende Kraft $\frac{d^2 \xi}{dt^2}$, wenn wir die Entwicklung nach den ersten Gliedern abbrechen, folgende:

$$\xi \Sigma m \left(\frac{f}{Ar} + \varphi \cdot \frac{Ax^3}{Ar^3} \right) \left(\frac{dx}{dx} Ax + \frac{dx}{dy} Ay + \frac{dx}{dz} Az \right) \cdot \frac{1}{r},$$

$$\eta \Sigma m \varphi \cdot \frac{Ax Ay}{Ar^3} \left(\frac{dy}{dx} Ax + \frac{dy}{dy} Ay + \frac{dy}{dz} Az \right) \cdot \frac{1}{y}$$

und

$$\zeta \Sigma m \varphi \frac{Ax Az}{Ar^3} \left(\frac{dz}{dx} Ax + \frac{dz}{dy} Ay + \frac{dz}{dz} Az \right) \cdot \frac{1}{z}.$$

Die auf solche Weise entstehenden Gleichungen wollen wir die Gleichungen II. nennen. In unserem Falle werden die Gleichungen I. für die Räume $RRFF$ und $R'R'F'F'$, die Gleichungen II. für den Raum $FFF'F'$ in Anwendung zu bringen seyn. Der Einfachheit wegen lassen wir die z -Axe mit dem Einfallslothe und die Ebene xz mit der Einfallsebene zusammenfallen, wodurch in den Ausdrücken für $\frac{d^2 \xi}{dt^2}$ und $\frac{d^2 \zeta}{dt^2}$ die Glieder mit η und $\frac{d\eta}{dE}$ verschwinden werden, sowie in dem Ausdrucke für $\frac{d^2 \eta}{dt^2}$ alle Glieder mit ξ , ζ , $\frac{d\xi}{dE}$ und $\frac{d\zeta}{dE}$ verschwinden, da wir die Oscillationen parallel und senkrecht zur Einfallsebene gesondert erörtern wollen.

Betrachten wir nun in dem Falle von Schwingungen, die der Ebene xz parallel sind, den Ausdruck für die beschleunigende Kraft in einem der isotropen Räume näher,

so bemerken wir, dass er aus drei wesentlich verschiedenen Theilen besteht. Der erste Theil mit den Componenten $\Sigma m f \cdot \frac{dx}{dr}$ und $\Sigma m f \cdot \frac{dz}{dr}$ ist von dem Ausschlage unabhängig und verschwindet, da die Mittel isotrop sind. Der zweite Theil mit den Componenten

$$\begin{aligned} & \xi \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \frac{dx^2}{dr^3} \right) \left(-2 \sin \frac{\pi}{\lambda} \mathcal{A} E^2 \right) \\ & + \zeta \Sigma m \varphi \frac{dx dz}{dr^3} \left(-2 \sin \frac{\pi}{\lambda} \mathcal{A} E^2 \right) \text{ etc.} \end{aligned}$$

ist der Grösse des Ausschlages proportional und treibt für sich allein das Theilchen nach der Ruhelage zurück. Der dritte Theil p endlich mit den Componenten

$$\begin{aligned} & \frac{d\xi}{dE} \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \frac{dx^2}{dr^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \mathcal{A} E \right) \\ & + \frac{d\zeta}{dE} \Sigma m \varphi \frac{dx dz}{dr^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \mathcal{A} E \right) \text{ etc.} \end{aligned}$$

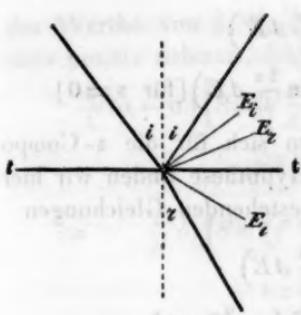
kann betrachtet werden als aus zwei Theilen zusammengesetzt, von denen der eine, τ , herröhrt von derjenigen Aethermasse, welche oberhalb einer Ebene liegt, die durch das betrachtete Theilchen der Ebene tt parallel gelegt wird, während der zweite Theil τ' von der unterhalb jener Ebene befindlichen Aethermasse herröhrt. In dem isotropen Aether sind die Kräfte τ und τ' genau gleich und entgegengesetzt gerichtet, so dass die Kraft p , deren Periode eine andere als die der zweit erwähnten Kraft ist, ganz verschwindet. So wird das Gesetz erhalten, dass die beschleunigende Kraft nach der Ruhelage gerichtet, und dem Ausschlage proportional ist. Analoges gilt, wenn die Schwingungen der y -Axe parallel sind. In ähnlicher Weise ist die beschleunigende Kraft in dem Raume $FFF'F'$ zusammengesetzt; auch hier unterscheiden wir eine Theilkraft von konstanter Grösse, eine zweite, welche dieselbe Periode wie der Ausschlag hat, und eine dritte, die ebenfalls periodisch ist, aber anders als die vorige Kraft. Bei Schwingungen, die der Einfallsebene parallel sind, hat man z. B. für die x -Componenten jener Kräfte:

$$\begin{aligned} \Sigma m f \cdot \frac{dx}{dr}, \quad \xi \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \cdot \frac{dx^2}{dr^3} \right) \left(-2 \sin \frac{\pi}{\lambda} \Delta E^2 \right) \\ + \zeta \Sigma m \varphi \frac{dx \Delta z}{dr^3} \left(-2 \sin \frac{\pi}{\lambda} \Delta E^2 \right) \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} \xi \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \cdot \frac{dx^2}{dr^3} \right) \left(\frac{dx}{dx} \Delta x + \frac{dz}{dx} \Delta z \right) \cdot \frac{1}{r} \\ + \zeta \Sigma m \varphi \frac{dx \Delta z}{dr^3} \left(\frac{dz}{dx} \Delta x + \frac{dz}{dz} \Delta z \right) \cdot \frac{1}{r} \\ + \frac{d\xi}{dE} \Sigma m \left(\frac{f}{dr} + \varphi \cdot \frac{dx^2}{dr^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \\ + \frac{d\zeta}{dE} \Sigma m \varphi \cdot \frac{dx \Delta z}{dr^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) \cdot \frac{\lambda}{2\pi}. \end{aligned}$$

Unsere Annahme über die Beschaffenheit des Aethers und der Bewegung im Raume $FFF'F'$ besteht nun darin, dass die dritte Theilkraft p auch hier verschwinde, und dass dies durch ein solches Arrangement der Bewegung bewirkt werde, welches die absolute Grösse der oben mit τ und τ' bezeichneten Kräfte erhält. Dies verhindert nicht, dass sich die mit der Einfallsebene parallelen Ausschläge beim Uebergange von FF nach $F'F'$ außerordentlich rasch, aber doch stetig in Grösse und Richtung ändern, wie dies aus den Gleichungen II. zu ersehen ist. Der mathematische Ausdruck unserer obigen Hypothese über die Gränzverhältnisse bei $\tau\tau'$ wird erhalten, wenn wir den Ausdruck für τ an der Gränze FF wie er sich aus der Bewegung in dem isotropen Raume $RRFF$ ergibt, gleich setzen dem Ausdrucke für $-\tau'$ an der Gränze $F'F'$, wie letzterer sich durch die Bewegung im isotropen Raume $R'R'F'F'$ bestimmt. Dies soll nun für die beiden Fälle, wo das einfallende, mithin auch das gespiegelte und gebrochene Licht senkrecht und parallel der Einfallschene polarisiert ist, gesondert ausgeführt werden.



Erstens. *Die Schwingungen liegen in der Einfallsebene.* Die Amplituden a , Componenten und Wellenebenen des einfallenden, gespiegelten und gebrochenen Lichtes, werden bezüglich durch die Marken i , l und r bezeichnet. Der Einfallswinkel ist i , der Brechungswinkel r . Dann ist:

$$E_i = -z \cos i + x \sin i, \quad E_t = z \cos i + x \sin i, \\ E_r = -z \cos r + x \sin r;$$

$$\xi_i = a_i \cos i \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_i), \quad \eta_i = 0,$$

$$\zeta_i = a_i \sin i \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_i),$$

$$\xi_r = a_r \cos r \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_r), \quad \eta_r = 0,$$

$$\zeta_r = -a_r \sin r \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_r),$$

$$\xi_t = a_t \cos r \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_t), \quad \eta_t = 0,$$

$$\zeta_t = a_t \sin r \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_t).$$

Ferner ist:

$$\xi = \xi_i + \xi_r, \quad \eta = 0, \quad \zeta = \zeta_i + \zeta_r,$$

$$\xi' = \xi_r, \quad \eta' = 0, \quad \zeta' = \zeta_r.$$

Wenn sich nun das Summenzeichen S auf die oberhalb FF oder unterhalb $F'F'$ gelegene Aethermasse bezieht, so schreibt sich mit einer leicht verständlichen Abkürzung für einen Punkt der Fläche FF die x -Componente von τ :

$$\frac{d\xi}{dE} Sm \left(\frac{f}{dr} + \varphi \frac{dx^2}{dr^2} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) + \frac{d\xi}{dE} Sm \varphi \frac{dx \Delta z}{dr^2} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) \\ [\text{für } z=0],$$

und für einen Punkt der Ebene $F'F'$ hat man als x -Componente von τ' :

$$\frac{d\xi'}{dE'} Sm' \left(\frac{f'}{Ar} + \varphi' \frac{Ax'^2}{Ar^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda'} \Delta E' \right)$$

$$+ \frac{d\xi'}{dE'} Sm' \varphi' \frac{Ax' Ax'}{Ar^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda'} \Delta E' \right) [\text{für } z=0].$$

Aehnliche Ausdrücke ergeben sich für die z -Componen-
tenten. Als Ausdruck unserer Hypothese finden wir hier-
nach die folgenden für $z=0$ bestehenden Gleichungen:

$$\frac{d\xi}{dE} Sm \left(\frac{f}{Ar} + \varphi \frac{Ax^2}{Ar^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right)$$

$$+ \frac{d\xi}{dE} Sm \varphi \frac{Ax Ax}{Ar^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right)$$

$$- \frac{d\xi'}{dE'} Sm' \left(\frac{f'}{Ar} + \varphi' \frac{Ax'^2}{Ar^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda'} \Delta E' \right)$$

$$- \frac{d\xi'}{dE'} Sm' \varphi' \frac{Ax' Ax'}{Ar^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda'} \Delta E' \right),$$

$$\frac{d\xi}{dE} Sm \left(\frac{f}{Ar} + \varphi \frac{Ax^2}{Ar^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right)$$

$$+ \frac{d\xi}{dE} Sm \varphi \frac{Ax Ax}{Ar^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right)$$

$$- \frac{d\xi'}{dE'} Sm' \left(\frac{f'}{Ar} + \varphi' \frac{Ax'^2}{Ar^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda'} \Delta E' \right)$$

$$- \frac{d\xi'}{dE'} Sm' \varphi' \frac{Ax' Ax'}{Ar^3} \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda'} \Delta E' \right).$$

Diese Gleichungen formen wir um, indem wir folgende Umstände berücksichtigen. 1) Da der Actionsradius des Aethers gegen die Wellenlänge sehr klein ist, so darf hier für $\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E$ einfach $\frac{2\pi}{\lambda} \Delta E$ gesetzt werden. 2) In den Summen heben sich alle Glieder mit ungeraden Potenzen von Δx fort, wegen des Isotropismus. 3) Für die Punkte der Ebenen FF und $F'F'$ zieht sich der Bogen in den periodischen Functionen auf $\frac{2\pi}{\lambda} (vt - x \sin i) = \frac{2\pi}{\lambda'} (v't - x \sin r)$ zurück. 4) In Folge des Brechungsgesetzes hat man $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{v}{v'}$. 5) In den auf das zweite Mittel bezüglichen Ausdrücken sind sämmtliche Δs negativ. Diese Umstände also berücksichtigt, erhalten wir nach Substitution

der Werthe von ξ , ξ' , ζ und ζ' , und wenn wir die Az stets positiv nehmen, folgende neue Gleichungen:

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{\lambda} (a_i - a_o) \left[Sm \left(f \frac{dz}{dr} + \varphi \frac{dx^2 dz}{dr^3} \right) \right. \\
 & \quad \left. - \sin i^2 Sm \left(f \frac{dz}{dr} + 2\varphi \frac{dx^2 dz}{dr^3} \right) \right] \\
 = & \frac{1}{\lambda'} a, \left[Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + \varphi' \frac{dx'^2 dz'}{dr'^3} \right) \right. \\
 & \quad \left. - \sin r^2 Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + 2\varphi' \frac{dx'^2 dz'}{dr'^3} \right) \right], \\
 & \cos i(a_i + a_o) Sm \left(f \frac{dz}{dr} + \varphi \frac{dr^3}{dr^3} \right) \\
 = & \cos r a, Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + \varphi' \frac{dr'^3}{dr'^3} \right).
 \end{aligned}$$

Der Unterstellung gemäss haben wir es mit einer Farbe und zwei Mitteln von gewisser Correlation zu thun (mit zwei Mitteln, welche vollkommen geradlinige Polarisation jener Farbe durch Spiegelung gestatten). Es werden also gewisse Beziehungen zwischen den Constanten der Mittel und der Farbe bestehen; dieſs sollen folgende seyn:

$$\begin{aligned}
 1) \quad & Sm \left(f \frac{dz}{dr} + \varphi \frac{dx^2 dz}{dr^3} \right) = Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + \varphi' \frac{dx'^2 dz'}{dr'^3} \right), \\
 2) \quad & \sin i^2 Sm \left(f \frac{dz}{dr} + 2\varphi \frac{dx^2 dz}{dr^3} \right) \\
 & \quad = \sin r^2 Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + 2\varphi' \frac{dx'^2 dz'}{dr'^3} \right), \\
 3) \quad & Sm \left(f \frac{dz}{dr} + \varphi \frac{dr^3}{dr^3} \right) = Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + \varphi' \frac{dr'^3}{dr'^3} \right).
 \end{aligned}$$

Der Bestand der ersten Gleichung zieht, da die Mittel isotrop sind, noch die folgende nach sich:

$$1') \quad Sm \left(f \frac{dz}{dr} + \varphi \frac{Ay^2 dz}{dr^3} \right) = Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + \varphi' \frac{Ay'^2 dz'}{dr'^3} \right).$$

Und da sich $\sin i^2$ und $\sin r^2$ wie v^2 und v'^2 verhalten, so kann man noch für die Gleichung (2) die folgende hinstellen, welche lediglich Constanten der Mittel und der Farbe enthält:

$$2') \quad v^2 Sm \left(f \frac{dz}{dr} + 2\varphi \frac{dx^2 dz}{dr^3} \right) = v'^2 Sm' \left(f' \frac{dz'}{dr'} + 2\varphi' \frac{dx'^2 dz'}{dr'^3} \right).$$

Bei Unterstellung obiger Gleichungen nun leiten wir aus den weiter oben gefundenen Beziehungen folgende neue ab:

$$\frac{1}{\lambda} (a_i - a_o) = \frac{1}{\lambda'} a_r, \quad \cos i \cdot (a_i + a_o) = \cos r a_r.$$

Hieraus reducirt man ohne Weiteres das unserem Falle entsprechende Paar der Fresnel'schen Formeln, nämlich:

$$a_i = \frac{\tan(r-i)}{\tan(r+i)} a_o, \quad a_r = \frac{2 \sin r \cos i}{\sin(r+i) \cos(r-i)} a_o.$$

Zweitens. Die Schwingungen mit den Amplituden b stehen auf der Einfallsebene senkrecht.

Wir haben hier:

$$\xi = \xi' = 0, \quad \zeta = \zeta' = 0, \\ \eta = \eta_i + \eta_o, \quad \eta' = \eta_r;$$

$$\eta_i = b_i \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_i), \quad \eta_o = b_o \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - E_o),$$

$$\eta_r = b_r \sin \frac{2\pi}{\lambda'} (v't - E_r).$$

Die Hypothese über die Gränzverhältnisse liefert für $z=0$:

$$\frac{d\eta}{dE} Sm \left(\frac{f}{Ar} + \varphi \frac{dy^2}{Ar^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda} \Delta E \right) \\ = \frac{d\eta'}{dE'} Sm' \left(\frac{f'}{Ar'} + \varphi' \frac{dy'^2}{Ar'^3} \right) \left(\sin \frac{2\pi}{\lambda'} \Delta E' \right).$$

Hieraus findet man nach Substitution der Werthe von η und η' , E und E' und mit Rücksicht auf die Gleichung (1') zuvörderst:

$$1) \frac{\cos i}{\lambda} (b_i - b_o) = \frac{\cos r}{\lambda'} b_r.$$

In dem Falle, wo sich die Richtung der Oscillationen beim Uebergange von FF zu $F'F'$ änderte, erschien es aus eben diesem Grunde nothwendig anzunehmen, dass sich die Amplituden ebenfalls änderten: aus den alsdann geltenden Fresnel'schen Formeln folgt, dass dabei nur die zur Trennungsebene senkrechten Componenten eine Aenderung erleiden, die mit jener Ebene parallelen Componenten aber ihre Grösse bewahren. Wenn nun die Schwingungen senkrecht zur Einfallsebene, also auch parallel mit der Trennungsfläche vor sich gehen, so erscheint die Annahme einer

Aenderung der Amplitude nicht allein nicht gerechtfertigt, sondern sogar unstatthaft. Lässt man nämlich die Ebenen FF und $F'F'$ unmittelbar aneinander stoßen, so dass ein plötzlicher Uebergang aus dem ersten Mittel in das zweite stattfindet, so ergiebt sich für ein Theilchen der Trennungsfläche genau dieselbe beschleunigende Kraft in Folge der im ersten Mittel stattfindenden Bewegung wie auch in Folge der des zweiten Mittels, sobald außer der Gleichheit (1) auch noch die Gleichheit der Ausschläge in beiden Mitteln stattfindet. Wir lassen deshalb auch bei dem wirklich stattfindenden stetigen Uebergange zu der Gleichung (1) noch die folgende treten:

$$\eta = \eta'$$

oder

$$2) \quad b_i + b_i = b_i.$$

Aus den Gleichungen (1) und (2) findet man das zweite Paar der Fresnel'schen Formeln, nämlich:

$$b_i = \frac{\sin(r-i)}{\sin(r+i)} b_i, \quad b_r = \frac{2 \sin r \cos i}{\sin(r+i)} b_i.$$

Gegen die obige Begründung der Gleichung (2) könnte man erinnern, dass man sie auch für die der Einfallsebene parallelen Schwingungen gelten lassen könnte; man bemerke aber, dass hier die Annahme der Gleichung (2) im Widerspruche mit unserer Hypothese über die Gränzverhältnisse stände, während dies bei den zur Einfallsebene senkrechten Schwingungen nicht der Fall ist.

VI. Ueber die beim Ausströmen der Luft entstehenden Töne; von C. Sondhaus.

(Eine vom Hrn. Verf. mitgetheilte Abhandlung des Programms der Real-

schule zu Neisse i. J. 1853).

Der interessanteste Körper für den Akustiker ist unstreitig die Luft, nicht bloß in sofern dieselbe als Schallleiter in den meisten Fällen uns die Wahrnehmung des Schalles vermittelt, sondern auch dadurch, dass sie innerhalb fester Hüllen (Pfeifen) stehende Schwingungen annimmt und somit als selbsttönender Körper auftritt. Die Mannigfaltigkeit der Blasinstrumente in Beziehung auf Gestalt, Dimension und Eigenthümlichkeit des Tons zeigt schon, dass kein Körper gleich der Luft geeignet ist, die höchsten wie die tiefsten Töne zu erzeugen und eine gleiche Mannigfaltigkeit in Beziehung auf den Charakter des Tons darzubieten. Hierzu kommt noch die Bequemlichkeit und Sicherheit, mit welcher die in den Pfeifen von der verschiedensten Gestalt eingeschlossenen Luftkörper durch einen Luftstrom zum Tönen gebracht werden können, wodurch die Construction des grofsartigsten aller musikalischen Instrumente, nämlich der Orgel, möglich wurde. Die Orgel ist älter als die Theorie des Schalles, denn die Orgelbauer verstanden schon lange ihre Pfeifen vortrefflich anzufertigen, bevor die Akustiker die Schwingungen der Luft in denselben erklärt und gemessen haben.

So interessant das Tönen der Luft ist, so schwierig ist die Untersuchung desselben. Die tönenden Schwingungen der Stäbe, der Saiten, der Klangscheiben und der elastischen Membranen sind im Allgemeinen als bekannt und erklärt zu betrachten und die an diesen schwingenden Körpern zuerst beobachteten Erscheinungen und die für dieselben gültigen Gesetze sind den Akustikern bei der schwierigeren Untersuchung der Vibrations der Luft hilfsreiche Führer gewesen. Dagegen bietet sich in Beziehung auf

die tönenenden Schwingungen der Luft trotz der Arbeiten ausgezeichneter Akustiker, wie Chladni, Weber, Savart, Seebeck und Wertheim, immer noch eine Menge Fragen dar, welche bisjetzt noch nicht beantwortet werden konnten. Wir kennen z. B. die Schwingungsweise der in den Orgelpfeifen enthaltenen Luftsäulen, können aber darüber noch nicht hinreichend Auskunft geben, wie der über die Aufschnittsöffnung streichende Luftstrom diese Schwingungen erzeugt. Ebenso sind die Töne, welche der Wind bei seinem Durchgang durch Ritze erzeugt, so wie die pfeifenden Töne, die wir mit dem Munde hervorbringen können, noch keineswegs hinreichend erklärt.

1. Es ist mir angenehm, zur Erklärung dieser Erscheinungen einen kleinen Beitrag liefern zu können. Ich habe mich nämlich schon seit längerer Zeit mit der Untersuchung der Frage beschäftigt, unter welchen Umständen ein aus einer Oeffnung ins Freie tretender Luftstrom tönt oder Töne erzeugt, und habe dabei gefunden, dass Töne unter gewissen Umständen entstehen, welche meines Wissens noch nicht bekannt geworden sind. Die Veranlassung zu meinen Versuchen war die zufällige Beobachtung eines solchen Tons, welcher bei einer anderen Operation entstand. Ich wollte nämlich ein prismatisches Gefäß, in dessen beiden Grundflächen sich durch Schrauben schließbare Oeffnungen befanden, rasch trocknen und trieb deshalb mittelst eines doppelten Blasebalgs einen Luftsstrom durch dasselbe. Hierbei wurde, wenn der Luftstrom beim Herabsinken des oberen Blasebalgs schwach werdend versiegte, jedesmal ein hoher pfeifender Ton hörbar. Es stellte sich leicht heraus, dass das Gefäß und die darin enthaltene Luft nicht vibrirten, sondern dass der Ton in der untern mit einem Schraubengewinde versehenen Oeffnung, durch welche die Luft einströmte, entstand, wie denn auch andere Schraubenmütter, die ich, auf einem durchbohrten Kork befestigt, auf das Rohr des Blasetisches setzte, eben solche Töne hören ließen. Diese Töne waren meistens sehr hoch und änderten sich in Beziehung auf ihre Höhe

mit dem Luftdruck, entstanden aber nur bei geringem Luftdrucke.

Um diese meines Wissens noch nicht bekannte Erscheinung aufzuklären, suchte ich durch Versuche zu ermitteln, unter welchen Bedingungen beim Ausfließen der Luft aus Oeffnungen von verschiedener Beschaffenheit überhaupt Töne entstehen, wobei ich die Frage über jenen in der Schraubenmutter entstandenen räthselhaften Ton gleichfalls zu lösen hoffte.

Die ersten Resultate meiner Versuche habe ich schon in einer am 14. October 1848 abgehaltenen Sitzung der naturwissenschaftlichen Section der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur mitgetheilt ¹⁾; die weitere Untersuchung hat sich jedoch, weil meine Zeit durch meine amtliche Beschäftigung und durch einige andere Arbeiten zu sehr in Anspruch genommen war, sehr in die Länge gezogen und kann auch jetzt noch nicht als abgeschlossen angesehen werden. Doch glaube ich mit der Veröffentlichung des bis jetzt Gefundenen nicht länger zögern zu dürfen.

2. Der wichtigste Theil meines Apparates ist ein mit einem doppelten Blasebalg versehener Blasetisch, dessen oberer Blasebalg senkrecht aufsteigt und mittelst einer über Rollen gelegten Schnur und eines Gegengewichtes so erleichtert werden kann, daß die Luft nur mit geringem Drucke ausströmt. Das Windrohr steht senkrecht und ist 1" weit und ungefähr 1 $\frac{1}{4}$ ' lang. Anfänglich setzte ich die Oeffnungen, durch welche ich die Luft strömen lassen wollte, mittelst durchbohrter Korkstöpsel unmittelbar auf das Rohr des Blasetisches, später wendete ich, weil die Messung des Luftdruckes nothwendig war, einen hölzernen Hohlcylinder an, welcher durch eine an der Seite angebrachte Oeffnung mit einem Wassermanometer verbunden und außerdem noch mit einer Vorrichtung versehen

1) Uebersicht der Arbeiten und Veränderungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur im Jahre 1848 S. 41.

hen war, um dem aus der Oeffnung tretenden Luftstrom verschiedene kleine Apparate entgegenhalten zu können. Nachdem ich mich durch die vorläufigen Versuche über die Bedingungen, die ein zu Messungen geeigneter Apparat zu erfüllen hätte, orientirt hatte, ließ ich den in Fig. 4 Taf. II abgebildeten Apparat anfertigen. *aabb* ist ein Glascylinder von 16,2 Centm. Höhe und von 6,2 Centm. Durchmesser, welcher oben und unten mit Messingfassungen versehen ist. Die untere Fassung bildet den Boden des Gefäßes, in dessen Mitte das Messingrohr *cc* so eingelöthet ist, daß es auch nach innen einen halben Zoll vorsteht, damit das eingegossene Wasser nicht durch das Rohr *cc* ausfließe. In der Bodenplatte ist noch das Manometerrohr *dd* eingekittet. Die obere Fassung ist nur ein offener Messingreif, welcher zur Befestigung des verticalen Maafsstabes *ff* dient und beledert ist, um verschiedene passende Blechfassungen, welche mit Ausflußöffnungen versehen sind, winddicht aufsetzen zu können. Der Maafsstab *ff* ist mit einem Nonius *gg* versehen, an welchem mittelst einer Klemmschraube *h* die Gegenstände befestigt werden, gegen welche in verschiedener aber bestimmter Entfernung der Luftstrom stoßen soll. Dieser Apparat wird mit dem von außen belederten Rohr *cc* in das Windrohr des Blasethisches eingesetzt und dient zugleich als Lufrervoir, als Träger der Ausflußöffnungen, als Manometer und Distanzmesser. Der verticale Maafsstab ist in Pariser Linien eingetheilt; sein unterer Theil dient dazu, die Höhe des Wassers in dem Manometerrohre abzulesen¹⁾. An dem oberen Theil des Maafsstabes können die Distanzen von der Ausflußöffnung mit Hülfe des Nonius bis auf 0,1 Pariser Linie genau bestimmt werden.

3. Ich fand mit diesem Apparate zunächst, wie sich auch bei den früheren Versuchen entschieden herausgestellt

1) Da im Verlaufe der Versuche eine genauere Ablesung der Wasserkante notwendig wurde, so habe ich einen papiernen, in Millimeter geheilten Maafstab unter die Röhre geschoben und nach diesem den Luftdruck bestimmt.

hatte, daß ein durch eine einfache, in einem dünnen Bleche glatt ausgeschnittene Oeffnung von beliebiger Gestalt und Grösse ins freie tretender Luftstrom keinen Ton erzeugt. Bei einem mäfsigen Luftdruck, der einer Wasserhöhe von 1 bis 2 Zoll entspricht, fliesst die Luft ganz geräuschlos aus den Oeffnungen und auch bei verstärktem Luftdrucke hört man nur ein Zischen oder Rauschen, in welchem jedoch eine gewisse Tonhöhe obwaltet, die mit dem Luftdrucke zunimmt. Ich bemerke hierbei, daß ich diese Oeffnungen, durch welche die Luft ausströmte, in dünnen Bleiplatten ausschnitt, welche ich auf passende Blechfassungen (Fig. 5, Taf. II) kittete und mittelst derselben auf den oben beschriebenen Apparat aufsetzte. Ich konnte daher die Oeffnungen rasch wechseln und die Versuche unter übrigens gleichen Umständen mit verschiedenen Ausflussoeffnungen anstellen.

Wenn der ruhig und ungestört ausfliesende Luftstrom keinen Ton erzeugt, so kann man ihn doch dadurch zum Tönen bringen, daß man entweder anderweitig erzeugte Schallwellen auf ihn wirken läßt, ihn also zum Mittönen zwingt, oder ihn gegen die scharfen Kanten eines entgegengehaltenen Körpers stoßen läßt.

Ueber die erste Art der Tonerzeugung kann ich mich, obwohl dieselbe meines Wissens noch nirgends erwähnt oder untersucht worden ist, kurz fassen, da ich bei derselben nicht gerade viele bemerkenswerthe Umstände beobachtet habe, und die Erklärung der Erscheinung keine Schwierigkeiten darbietet. Um die Erscheinung sicher hervorzurufen, lasse ich die Luft durch eine kreisrunde oder rechteckige Oeffnung unter einem bestimmten Drucke von 5 bis 30 Millimeter Wasserhöhe ausströmen und blase in der Nähe der Ausflussoeffnung ein kleines Orgelpfeifechen kräftig an. Es tönt dann ein zweiter Ton mit, der in Beziehung auf die Art des Klanges von dem Ton der Pfeife wesentlich verschieden ist, in Beziehung auf die Höhe aber genau mit ihm zusammenhängt. Er ist nämlich in der Regel eine Octave tiefer als der Ton der Pfeife, oft hat er

aber auch genau dieselbe Höhe. Im Uebrigen ist er viel schwächer und hat in seinem Charakter etwas Heiseres, welches ihn dem Tone einer Zungenpfeife ähnlicher macht als einem Flötentone. Läfst man die Luft nicht aus der Oeffnung strömen, so gelingt es nicht, die in dem Glasylinder eingeschlossene Luftsäule zum Schwingen und Tönen zu bringen, so kräftig man auch die Orgelpfeifen anblasen mag; ja es muss sogar die Luft unter einem bestimmten Drucke ausströmen, der von der Höhe der angeblasenen Pfeife abhängt, damit der andere Ton mittönt, und zwar muss die Ausströmungsgeschwindigkeit um so größer seyn, je höher der primäre Ton ist. Dazu kommt noch, dass der secundäre Ton beim successiven Anblasen verschiedener Orgelpfeifen, auch wenn der zweckmässige Luftdruck vorhanden ist, nicht immer gleich gut und kräftig anspricht und deshalb, um ihn zu erzeugen, die eine Pfeife manchmal in der unmittelbaren Nähe der Ausflussoffnung stark angeblasen werden muss, während man eine andere in der Entfernung von 10 Zoll und darüber halten und mässig anblasen kann. Man kann sehr leicht den mitklingenden secundären Ton in die höhere Octave übergehen lassen, wenn man den Luftdruck plötzlich verstärkt, so dass er dann mit dem Tone der Pfeife übereinstimmt; dagegen ist es mir nie gelungen, den secundären Ton auch nur einen Moment für sich allein, d. h. nach dem Aufhören des Tons der Pfeife, fortzudauern zu lassen.

Ich habe diese Versuche mit kreisförmigen und mit viereckigen Ausflussoffnungen von verschiedener Größe angestellt, von denen die ersteren Durchmesser von 4 bis 8 Millimeter, die anderen Seiten von 3 und 15 Millimeter bis 4 und 33 Millimeter Länge hatten; die angewendeten Pfeifen waren kleine zinnerne Orgelpfeifen, meist aus der 4mal gestrichenen Octave, doch ist es mir auch gelungen, den secundären Ton durch das Anblasen einer Pfeife zu erhalten, welche *gis*² angab.

Beispielsweise gebe ich eine Versuchsreihe an, bei wel-

cher die Ausflussöffnung einen Durchmesser von 4 Millimeter hatte.

Tabelle I.

Ton der angeblasenen Pfeife.	Wasserhöhe im Manometer in Mm.	Der secundäre Ton.
d^5	20 — 24	d^4
c^5	15 — 20	c^4
h^4	15 — 18	h^3
a^4	14 — 16	a^3
g^4	12 — 15	g^3
f^4	9 — 14	f^3
e^4	7 — 10	e^3
d^4	6 — 8	d^3
c^4	5 — 6	c^3
b^4	3 — 4	b^2

Ich muss in Beziehung auf die in der 2ten Columne angegebene, den Luftdruck bestimmende Höhe der Wassersäule des Manometers bemerken, dass diese Messungen bloß als beiläufig anzusehen sind, da es mir oft durch stärkeres Anblasen der einzelnen Orgelpfeifen gelungen ist, über die angegebenen Gränzen des Luftdruckes hinaus, den secundären Ton zu erzeugen, so dass manchmal zwei bis drei aufeinander folgende Töne auch bei demselben Luftdrucke erzeugt wurden. Aufserdem ist der zur Erzeugung des secundären Tons erforderliche Luftdruck ein anderer, wenn die Luft aus einer anderen Ausflussöffnung ausströmt.

Dass bei diesen Tönen die unter der Ausflussöffnung befindliche, also hier in dem Glasylinder enthaltene Wassersäule nicht auf dieselbe Weise, wie in einer Orgelpfeife, schwingt, geht daraus hervor, dass der secundäre Ton dem Tone der angeblasenen Pfeifen durch alle Töne der Octave folgt, und lässt sich auch schon aus seinem schwachen, matten Klange schliessen, der von dem Tone einer irgendwie in Schwingung versetzten, und entweder im Ganzen oder in aliquote Theile getheilten vibrierenden Wassersäule wesentlich abweicht.

4. Durch einen aus einer Oeffnung in dünner Wand ausfliessenden Luftstrom kann, wie ich oben erwähnte, ein Ton erzeugt werden, wenn er gegen eine entgegen gehaltene Schneide oder Spitze stößt. Die Physiker mögen solche Töne schon oft bemerkt haben, denn bei der Anwendung des Löthrohrs und besonders beim Glasblasen sind gar oft die Umstände vorhanden, die zur Erzeugung derselben erforderlich sind; aber die Schwäche und, ich möchte sagen, die Unansehnlichkeit, mit welcher sie hier gewöhnlich auftreten, ist offenbar Ursache gewesen, daß man sie noch keiner besonderen Berücksichtigung gewürdiggt hat. Läßt man aber den aus der Oeffnung tretenden Luftstrom unter günstigen Umständen auf Kanten stossen, hält man über die Ausflussoeffnung z. B. ein Blech, in welchem ein Loch von derselben Grösse und Gestalt ausgeschnitten ist, so entstehen bei ziemlich mäfsigem Luftdrucke laute und deutliche Töne, die man beliebig oft reproduciren kann, wenn man den Luftstrom unter denselben Umständen durch die Oeffnung streichen läßt. Um sich bloß von der Existenz dieser Töne zu überzeugen, braucht man gar keinen complicirten Apparat. Man durchbohrt einen Kork, kittet darauf eine kleine Blechscheibe, welche in ihrer Mitte ein kleines Loch enthält, hält ein zweites ebensolches Blechscheibchen darüber und treibt mit dem Blasebalg, oder wenn man keinen solchen besitzt, mit dem Munde einen schwachen Luftstrom hindurch. Solche Töne entstehen auch, wenn man, ohne zu pfeifen, mit dem Munde ganz schwach gegen die Schneide eines Messers bläst.

Ich habe, um diese Töne zu studiren, eine grofse Anzahl von Versuchen unter den mannigfaltigsten Abänderungen der zur Entstehung derselben erforderlichen Umstände angestellt. Ich kittete die Platten von dünnem Bleiblech, in welchen Oeffnungen von verschiedener Grösse und Gestalt ausgeschnitten waren, auf Blechfassungen (Fig. 5), welche auf den belederten Messingring *bb* des Cylinders (Fig. 4) winddicht aufgesetzt wurden. Hierauf wurde der Blasebalg in Thätigkeit gesetzt und der aus der Ausflus-

öffnung tretende Luftstrom beobachtet. Da die Ausflussoffnungen immer viel kleiner waren als der Querschnitt des Zuflusrohres *cc*, so blieb der als Luftreservoir dienende Glascylinder immer mit Luft von einer bestimmten Spannung gefüllt, welche von der Belastung des oberen senkrecht aufsteigenden Blasebalgs abhing und an der Wasserhöhe in dem Manometerrohre *dd* abgelesen werden konnte. Der Luftdruck war leider, wie das Manometer zeigte, nicht constant, sondern nahm beim Sinken des oberen Blasebalgs ab und stieg ruckweise, wenn durch die Arbeit des untern Balges neue Luftmassen nach oben getrieben wurden; doch habe ich diesen nicht zu beseitigenden Uebelstand durch sorgfältige und rasche Beobachtung des Manometers so wie durch oftmalige Wiederholung der einzelnen Versuche nach Kräften unschädlich zu machen gesucht. Die Bleche, gegen welche ich den Luftstrom stoßen lassen wollte, befestigte ich mittelst der Klemmschraube *h* an dem auf dem Maafsstabe *ff* verschiebbaren Nonius *gg*. Durch diese Einrichtung wurde es nicht bloß möglich, diese Bleche in die gehörige Lage und Entfernung zur Ausflussoffnung zu bringen und in derselben sicher festzuhalten, sondern ich konnte auch die Entfernung derselben messen, indem ich zuerst die Stellung des Nonius am Maafsstabe ablas, wenn jene Bleche die Platte mit der Ausflussoffnung berührten, und diese abgelesene Höhe von der Höhe des Nonius in den einzelnen Versuchen abzog. Die Apparate, gegen welche ich den Luftstrom stoßen ließ, waren theils kreisförmige mit einem Stiel versehene Bleiplatten von ungefähr einem Zoll Durchmesser, in welche die verschiedenen Oeffnungen eingeschnitten waren, wie Fig. 7, 8 und 9 darstellen, theils schnale Blechstreifen oder auch kleine kreisförmige Blechscheibchen, welche mittelst eines dünnen Bügels aus Blei an dem Nonius befestigt wurden, wie in Fig. 10, Taf. II dargestellt ist.

5. Ich theile zunächst einige Bemerkungen mit, welche sich auf die Entstehungen der Töne im Allgemeinen beziehen. Die Gestalt und Grösse der Ausflussoffnung und

der Oeffnung in der darüber gehaltenen Platte, gegen deren Ränder der Luftstrom stößt, sind innerhalb der Gränzen meiner Versuche für die Entstehung der Töne gleichgültig, doch ist dann sowohl ihre Stärke als ihre Höhe verschieden, und man muß, um die Töne zu erzeugen, die Platte in eine andere Entfernung einstellen und einen anderen Luftdruck anwenden. Am besten tönt der Apparat, wenn die in der oberen Platte ausgeschüttene Oeffnung der Ausflussoeffnung gleich oder nur wenig größer ist. Ich habe bei meinen Versuchen fast immer dünne Blechplatten angewendet und überdiels noch die Ränder der Oeffnungen von der einen Seite zugeschrägt; aber die besprochenen Töne entstehen auch, wenn die Ausflussoeffnung oder die Oeffnung in der oberen Platte, oder auch beide Oeffnungen in Blechen von einigen Millimetern Dicke angebracht sind; es können sogar die scharfen Ränder der Oeffnungen von einer oder auch an beiden Seiten abgerundet werden. Die Substanz der Platten ist ebenfalls gleichgültig und man kann statt des Metallbleches auch dünne Scheiben von Holz oder Kork, ja sogar von Papier anwenden. Man kann ferner auch die obere Platte so verkleinern, daß sie nur noch einen schmalen, die Oeffnung einschließenden Reif (Fig. 11) vorstellt, oder man kann auch den Luftstrom gegen ein kleines Scheibchen stoßen lassen, welches ungefähr eben so groß ist (Fig. 10) als die Ausflussoeffnung, und erhält immer noch dieselben Töne, wenn auch weniger klangvoll. Endlich kann man statt der Platte dem Luftstrome auch das offene Ende einer Röhre entgegenhalten, deren Querschnitt ungefähr gleich der Ausflussoeffnung ist, wobei sehr oft auch die in der Röhre enthaltene Luftsäule in Schwingung gerath und ein verstärkter Ton entsteht.

Ich bemerke hier noch, daß man die Platte, welche die Ausflussoeffnung enthält, mit der darüber zu haltenden Platte fest verbinden kann, indem man ein kurzes Blechrohr zwischen dieselben löthet. Man kann dies auch so ausführen, daß man auf die Platte mit der Ausflussoeffnung einen nie-

drigen Korkring legt und auf denselben die obere Platte so legt, dass ihre Oeffnung sich senkrecht über der Ausflussöffnung befindet. Hierdurch wird ein Luftvolumen zwischen beiden Platten abgegränzt und es hat der Apparat nun im Wesentlichen dieselbe Construction wie das kleine Instrument, welches unter dem Namen Jägerruf oder Vogelruf bekannt ist, und welches die Jäger benutzen, um die Stimmen der Vögel nachzuhören. Obgleich sich schon mehrere Physiker mit diesem Instrumente beschäftigt haben, so ist die Eigenthümlichkeit der mit demselben erzeugten Töne noch nicht erkannt worden, denn sie dürfen weder zu den Tönen der Labial- noch der Zungenpfeifen gerechnet werden, sondern gehören ohne Zweifel zu den hier betrachteten Tönen.

Die unter den angegebenen Umständen entstehenden Töne sind in Beziehung auf Stärke, Höhe und Eigenthümlichkeit des Klanges verschieden, und ändern sich, wenn in der Einrichtung des Apparates eine Aenderung vorgenommen wird. Die Intensivität der Töne ist im Allgemeinen gröfser, wenn der Luftstrom mit gröfserer Geschwindigkeit austritt; jedoch treten oft einzelne Töne besonders schön und klangvoll unter den übrigen hervor, ohne das ein äuflerer begünstigender Umstand zu bemerken ist. Die Töne sind meistens sehr hoch und liegen gröfsttentheils in den Octaven, welche man die drei-, vier- und fünfgestrichenen nennt. Doch entstehen unter später anzugebenden Umständen auch tiefere Töne; welche aber meistens schwach und klanglos sind.

Die Höhe der Töne hängt von der Grösse der Ausflussöffnung, von dem Luftdrucke und dem Abstand der von dem Luftstrom gestoßenen Kanten ab, und zwar sind die Töne im Allgemeinen höher, 1) wenn man eine kleinere Ausflussöffnung anwendet, 2) wenn die gestoßene Platte der Ausflussöffnung genähert wird, und 3) wenn die Geschwindigkeit des Luftstromes durch Anwendung eines gröfseren Druckes vergrößert wird; jedoch ändert sich die Höhe der Töne nicht continuirlich in demselben Sinne, son-

dern die Töne springen, nachdem sie bei abnehmendem Luftdruck oder bei der allmälichen Entfernung der beweglichen Platte von der Ausflussöffnung successive tiefer geworden sind, plötzlich wieder in einen höheren Ton über, der dann wieder allmälig tiefer wird. Diese Erscheinung wiederholt sich zwei- bis dreimal und findet auch in der umgekehrten Weise statt, wenn man durch Annäherung der beweglichen Platte oder durch Steigerung des Luftdruckes den Ton höher werden lässt. Manchmal findet die Erhöhung oder Vertiefung des Tones so allmälig statt, dass man die einzelnen Töne nicht von einander unterscheiden kann; in anderen Fällen aber, wo die beiden Oeffnungen eine andere Stellung oder ein anderes Verhältnis zu einander haben, sind die aufeinanderfolgenden Töne scharf von einander getrennt. In Beziehung auf die Eigenthümlichkeit des Klanges oder den Charakter sind, wie schon bemerkt worden ist, die von mir beobachteten Töne verschieden, denn wenn auch die meisten den Tönen der kleinen Labialpfeife ähnlich sind, so zeigen sie doch in Beziehung auf Helligkeit und Intensivität eine grosse Verschiedenheit, und außerdem treten oft mitten unter Pfeifentönen auch eigenthümliche scharrend und scharf klingende Töne auf, die eher den Tönen der Zungenpfeifen zu vergleichen sind.

6. Bevor ich zu der speciellen Betrachtung der bei dieser Tonerzeugung obwaltenden Umstände übergehe, theile ich eine Reihe von Versuchen mit, die ich mit dem beschriebenen Apparate angestellt habe. Die Ausflussöffnung war eben so wie die Oeffnung der an dem verschiebbaren Nonius des Maafsstabes befestigten Bleiplatte kreisrund und beide hatten einen Durchmesser von 4 Millimetern. Ich stellte die obere Platte, so weit es aus freier Hand geht, genau so ein, dass ihre Oeffnung senkrecht über die Ausflussöffnung zu stehen kam, vergrößerte allmälig den Abstand der beweglichen Platte von der Ausflussöffnung, las die Stellung des Nonius am Maafsstabe ab und bestimmte mittelst eines Monochords die Höhe der durch den Luft-

strom erzeugten Töne, wobei das Manometer fortwährend beobachtet wurde, um den zu dem Versuche erforderlichen Luftdruck zu erzeugen und zu erhalten. Die Bestimmung der Tonhöhe hat mir grosse Schwierigkeiten gemacht, weil die Töne theils in Beziehung auf Intensität und Eigenthümlichkeit des Klanges ungleich sind, theils weil sie schon bei einer geringen Zu- oder Abnahme des Luftdruckes sich ändern. Besonders schwierig war oft die Entscheidung, in welche Octave einzelne Töne gehörten. In der folgenden Tabelle ist in der ersten Column die Entfernung der obern beweglichen Platte von der Ausflussöffnung in Millimetern angegeben. Da der verticale Maafsstab in Pariser Linien eingetheilt war und ich an demselben mit Hülfe des Nodus nur Zehntel-Linien ablesen konnte, so sind die angegebenen Zehntel-Millimeter natürlich nur annähernd richtig. Die zweite Column enthält die am Manometer abgelesene Wasserhöhe in Millimetern, wobei zu merken ist, dass die hier angegebene Decimalstelle das Resultat der Schätzung ist. In der dritten Spalte habe ich die beobachteten Töne angegeben und in der vierten die denselben angehörenden Schwingungszahlen nach der gleichschwebenden Temperatur beigefügt, und bemerke ausdrücklich, dass ich dieselben bloß als Näherungswerte betrachte, da ich bei der Bestimmung der Tonhöhe auf die Berücksichtigung der Verschiedenheit des Tones innerhalb einer kleinen Sekunde verzichtet und der jedesmaligen Bestimmung der Schwingungszahl die Angabe des zunächstliegenden musikalischen Tones vorgezogen habe.

Tabelle II.

Ab- stand. Mm.	Luft- druck. Mm.	Beobach- teter Ton.	Schwin- gungs- zahl.	Ab- stand. Mm.	Luft- druck. Mm.	Beobach- teter Ton.	Schwin- gungs- zahl.
1,1	60 — 70	<i>cis</i> ⁶ (?)	17358	4,0	5	<i>fas</i> ³	2896
1,3	33 — 35	<i>dis</i> ⁵	9742	6,5	<i>gis</i> ³	3251	
	52 — 55	<i>g</i> ⁵	12274	7	<i>a</i> ³	3444	
1,5	21	<i>c</i> ⁵	8192	13	<i>c</i> ⁴	4096	
	34	<i>e</i> ³	10321	14	<i>cis</i> ⁴	4339	
1,8	24	<i>a</i> ⁵	13777	38	<i>a</i> ⁴	6889	
	35	<i>e</i> ⁵	20642	46	<i>h</i> ⁴	7732	
2,2	11 — 15	<i>a</i> ⁴	6889	57	<i>cis</i> ⁵	8679	
	12 — 25	<i>c</i> ⁵	8192	65	<i>d</i> ⁵	9195	
2,5	10	<i>fas</i> ⁴	5793	4,5	2,8 — 3,5	<i>cis</i> ³	2170
	10,5	<i>g</i> ⁴	6137		3,8 — 4,	<i>dis</i> ³	2435
	11	<i>gis</i> ⁴	6502		4,5	<i>e</i> ³	2580
	12 — 13	<i>a</i> ⁴	6889		6	<i>g</i> ³	3068
	14	<i>b</i> ⁴	7298		7	<i>gis</i> ³	3251
	14,6	<i>h</i> ⁴	7732		8	<i>f</i> ³	2734
	15	<i>a</i> ⁴	6889		10	<i>a</i> ³	3444
	20	<i>a</i> ⁴	6889		15	<i>c</i> ⁴	4096
	22	<i>b</i> ⁴	7298		18	<i>cis</i> ⁴	4339
	28	<i>c</i> ⁵	8192	5,2	3,5 — 4	<i>cis</i> ³	2170
	38 — 39	<i>d</i> ⁵	9195		7	<i>f</i> ³	2734
	43	<i>dis</i> ⁵	9742		10	<i>fas</i> ³	2896
	50	<i>f</i> ⁵	10935		14	<i>a</i> ³	3444
2,9	6,8	<i>c</i> ⁴	4096		15	<i>b</i> ³	3649
	7	<i>cis</i> ⁴	4339		20	<i>c</i> ³	4096
	8	<i>dis</i> ⁴	4871	5,6	2,5	<i>cis</i> ³	2170
	9	<i>f</i> ⁴	5467		3	<i>d</i> ³	2299
	10	<i>fas</i> ⁴	5793		4	<i>fas</i> ³	2896
	11	<i>g</i> ⁴	6137		4,5	<i>dis</i> ³	2935
	12,2	<i>a</i> ⁴	6889		5	<i>cis</i> ³	2170
	15	<i>f</i> ⁵	10935		9 — 10	<i>e</i> ³	2580
	21	<i>a</i> ⁴ u. <i>a</i> ³	6889		15	<i>g</i> ³	3068
	35	<i>c</i> ⁵ u. <i>c</i> ⁴	8192	6,8	2,2	<i>b</i> ³	1824
	51	<i>c</i> ⁶	16384		2,5	<i>h</i> ³	1933
3,4	2,2	<i>cis</i> ³	2170		2,8	<i>cis</i> ³	2170
	5,2	<i>a</i> ³	3444		3 — 3,5	<i>d</i> ³	2299
	6	<i>h</i> ³	3866		4	<i>e</i> ³	2580
	7	<i>c</i> ⁴	4096		5	<i>fas</i> ³	2896
	7,5	<i>cis</i> ⁴	4339		6	<i>g</i> ³	3068
	10	<i>e</i> ⁴	5161		10	<i>dis</i> ³	4871
	11	<i>fas</i> ⁴	5793		12 — 15	<i>e</i> ⁴	5160
	25 — 27	<i>gis</i> ⁴	6502	7,9	1,5	<i>gis</i> ³	1625
	28	<i>a</i> ⁴	6889		1,8	<i>a</i> ²	1722
	35 — 38	<i>gis</i> ⁴	6502		2	<i>b</i> ²	1824
	55	<i>d</i> ⁴	4598		2,5	<i>h</i> ²	1933
4,0	2,5 — 2,7	<i>cis</i> ³	2170		3,1	<i>cis</i> ³	2170
	3	<i>d</i> ³	2299		4	<i>d</i> ³	2299
	3,5	<i>dis</i> ³	2435		4,5	<i>dis</i> ³	2435
	4	<i>e</i> ³	2580		5	<i>e</i> ³	2580

Ab- stand. Mm.	Luft- druck. Mm	Beobach- teter Ton.	Schwin- gungs- zahl.	Ab- stand. Mm.	Luft- druck. Mm.	Beobach- teter Ton.	Schwin- gungs- zahl.
7,9	6	<i>gis</i> ²	3251	10,1	5	<i>d</i> ¹	2299
	7	<i>a</i> ³	3444		6	<i>e</i> ³	2580
	8	<i>b</i> ³ u. <i>b</i> ²	3649		7	<i>f</i> ²	2734
	9	<i>h</i> ³ u. <i>h</i> ²	3866	11,3	1 — 4,5	schwache Töne	
	10	<i>h</i> ³	3866		4,5	<i>e</i> ³	2580
	11	<i>c</i> ⁴	4096		5	<i>cis</i> ²	1085
	12	<i>cis</i> ⁴	4339		6	<i>gis</i> ²	1625
	13	<i>d</i> ⁴	4598		6,5	<i>d</i> ²	1149
	15	<i>dis</i> ⁴	4871	12,4	1 — 4,5	sch. Töne	
9,0	1	<i>fis</i> ²	1448		4,5	<i>dis</i> ³	2435
	2	<i>gis</i> ²	1625		5	<i>e</i> ³	2580
	2,5	<i>b</i> ²	1824	14,6	1 — 4	sch. Töne	
	3	<i>h</i> ²	1933		4	<i>d</i> ³	2299
	3,5 — 4	<i>cis</i> ³	2170		5	<i>e</i> ³	2580
	4,5	<i>e</i> ³	2580	15,8	1 — 5	sch. Töne	
	5	<i>fis</i> ³	2896		5	<i>gis</i> ²	1625
	6	<i>g</i> ³	3068	16,9	1 — 5,5	sch. Töne	
	7	<i>gis</i> ³	3251		5,5	<i>g</i> ² sch.	1534
	8	<i>a</i> ³	3444	18,0	1 — 4	sch. Töne	
	15	<i>cis</i> ⁴	4339		4	<i>cis</i> ² sch.	1085
10,1	1 — 4	schwache Töne.		bis 27,0	1 — 4	sch. Töne	
	4	<i>cis</i> ³	2170				

Aus der in der vorstehenden Tabelle enthaltenen Reihe von Versuchen ist zu ersehen, dass sowohl die Distanz der beweglichen Platte von der Ausflussoffnung als auch der Druck, unter welchem die Luft ausströmt, ziemlich bedeutend geändert werden kann, indem die beobachteten Töne entstanden sind bei einer Distanzänderung von 1 Millimeter bis 18 Millimetern und bei einer Verschiedenheit des Luftdruckes, welche der Höhe der Wassersäule in dem Manometer von 1 bis 70 Millimeter entspricht. Zu jedem einzelnen Abstande der Platte gehört innerhalb gewisser Gränzen ein angemessener Luftdruck, bei welchem die Töne entstehen, und zwar ist, wenn die Entfernung der oberen Platte klein ist, ein stärkerer Luftdruck zur Erzeugung der Töne erforderlich; muss dagegen der Luftstrom bis zu den Rändern der oberen Oeffnung einen längeren Weg zurücklegen, so entstehen die Töne nur bei geringerem Luftdrucke. Ist der Luftdruck zu schwach, so bleibt der Apparat lautlos; ist der Luftdruck aber zu stark, so hört man wohl ein

Rauschen, Schwirren oder Kreischen, aber es kommt nicht zur Bildung eines Tones von bestimmter Höhe. Ein solches Rauschen oder Schwirren entsteht aber auch nicht selten innerhalb der Gränzen des Luftdruckes, bei welchem musikalische Töne erzeugt werden, bevor der durch allmäßige Steigerung oder Verringerung sich ändernde Luftdruck zur Bildung des nächstfolgenden Tones geeignet geworden ist.

Rückt man die bewegliche Platte so nahe an die Ausflusöffnung, dass ihre Entfernung weniger als ein Millimeter beträgt, so entsteht kein Ton; entfernt man sie aber weiter als 18 Millimeter von derselben, so werden die Töne so schwach, dass man sie nicht mehr deutlich erkennen kann und nur bei hinreichender Stille noch hört, wenn man das Ohr dem Apparate nahe bringt. Bei den diesen beiden Gränzen zunächst stehenden Distanzen der beweglichen Platte entstehen auch nur wenige Töne, wogegen eine Menge von Tönen durch Anwendung von verschiedenem Luftdrucke erzeugt wird, wenn jene Distanz zwischen 2,5 und 9 Millimetern groß ist. Von diesen bei einer und derselben Distanz bei verschiedenem Luftdruck entstehenden Tönen sprechen einige immer besonders leicht und lange an; andere sprechen nur schwer an und können bei dem sich ändernden Luftdruck manchmal gar nicht hervortreten und leicht unbemerkt bleiben, weshalb wohl möglich ist, dass einzelne solcher Töne in der einen Beobachtungsreihe bemerkt werden, in der anderen dagegen ausfallen sind. Vergleicht man die aufeinanderfolgenden mit successive vergrößerter Distanz der Platte angestellten Versuchsreihen mit einander, so bemerkt man, dass einige Töne sich immer wiederfinden, dass jedoch die dem größeren Luftdruck entsprechenden höheren Töne allmälig wegfallen und dafür tiefere bei geringerem Luftdrucke eintreten. Außerdem ist zu beachten, dass zur Erzeugung derselben Töne bei größerer Distanz der oberen Platte ein größerer Luftdruck erforderlich ist, woraus folgt, dass die Entfernung der Platte und die Geschwindigkeit des

Luftstromes einen entgegengesetzten Einfluss auf die Höhe des Tones ausüben.

7. Von großer Wichtigkeit schien es mir, die Abhängigkeit der Tonhöhe von dem Luftdruck und der Plattendistanz zu bestimmen; doch war es mir lange Zeit nicht möglich zu einem Resultate zu gelangen, da zwischen den aufeinanderfolgenden, durch allmäßige Vergrößerung des Luftdruckes oder der Plattendistanz erzeugten, successiv höhern oder tiefen Tönen immer wieder Töne entstanden, welche außer der Reihe lagen und sich keinem Gesetze fügen wollten. Endlich überzeugte ich mich, daß die Schwingungszahl von zwei zusammengehörenden, ich möchte sagen, in dasselbe Register der Tonbildung gehörenden Tönen im geraden Verhältnisse zur Quadratwurzel aus der Wasserhöhe im Manometer und im umgekehrten Verhältnisse zu dem Abstande der vom Luftstrome gestoßenen Platte steht. Da die Geschwindigkeit des ausfließenden Luftstromes der Quadratwurzel aus dem vom Manometer angegebenen Drucke proportionirt ist, so steht mithin die Schwingungszahl des erzeugten Tones im geraden Verhältnisse zur Geschwindigkeit des Luftstromes und im umgekehrten Verhältnisse zum Abstande der oberen Platte.

Ein großer Theil der in der vorangehenden Tabelle enthaltenen Beobachtungen stimmt mit diesem Gesetze so gut überein, als sich mit Rücksicht auf die Beobachtungsfehler nur erwarten läßt. Ueber die Schwierigkeit, die hohen und sich rasch ändernden Töne genau zu bestimmen, habe ich mich schon oben ausgesprochen, und bemerke hier noch, daß auch die Angabe des den einzelnen Tönen entsprechenden Luftdruckes durch die Höhe der Wassersäule im Manometerrohre nicht immer genau seyn mag; denn zunächst ist das Manometer noch verhältnismäßig zu wenig empfindlich und außerdem dauern manche Töne, wenn sie erst entstanden sind, auch bei einem nicht unbedeutend veränderten Luftdrucke fort, während andere nur bei einem bestimmten Luftdrucke erhalten werden können. Daher war auch der beobachtete Luftdruck bei Er-

zeugung derselben Töne nicht selten etwas verschieden, je nachdem durch allmäßige Vermehrung oder Verminderung des Druckes die aufeinanderfolgenden Töne erzeugt wurden. Es war überdies nicht leicht, mittelst des auf den oberen Theil des doppelten Blasebalges ausgetübten Druckes einen bestimmten gleichmäßigen Luftdruck zu erzeugen und zugleich mit der Tonhöhe zu bestimmen. Wenn ich mich daher auch bemüht habe, durch sorgfältige Beobachtung grösere Fehler möglichst zu vermeiden, so möchte ich doch nicht behaupten, dass es mir möglich gewesen ist, die theils in der Natur der Erscheinung liegenden, theils aus der Einrichtung der Apparate hervorgegangenen Schwierigkeiten gänzlich zu überwinden.

Ich habe außer einer grösereu Anzahl von Beobachtungsreihen, welche der oben mitgetheilten ganz ähnlich sind, auch noch andere Versuche angestellt, um das Gesetz über die Abhängigkeit des Tones von dem Luftdrucke und der Plattendistanz theils zu ermitteln, theils zu bestätigen. Um den Einfluss des Luftdruckes für sich zu bestimmen, ließ ich den Abstand der oberen Platte ungeändert und suchte durch rasche Veränderung des Luftdruckes nach einander zwei Töne zu erzeugen, welche mit einander ein bestimmtes Intervall, z. B. Terz, Quart, Quinte, Octave bilden, und beobachtete, während ich den erforderlichen Druck mit der Hand auf den oberen Blasebalg ausübte, das Manometer. Es stellte sich hierbei heraus, dass in den meisten Fällen die Quadratwurzel aus dem Verhältnisse der beiden Wasserhöhen im Manometer dem Schwingungsverhältnisse des beobachteten Intervalls der Töne sehr nahe kam. Schwieriger war es, bei constant erhaltenem Luftdrucke durch Verschiebung der an dem Nonius befestigten beweglichen Platte rasch nacheinander zwei um ein bestimmtes Intervall von einander Töne zu erhalten; doch zeigte sich auch hier, dass die Schwingungszahl des Tones dem Abstand der oberen Platte von der Ausflussoffnung umgekehrt proportionirt ist, denn das Schwingungsverhältniss des Intervalls von zwei Tönen

war meistens gleich dem Quotienten der beiden Plattendistanzen.

8. Um die Veränderung, welche die successive Vergrößerung der Plattendistanz unter übrigens gleichen Umständen in dem durch den Luftdruck erzeugten Tone verursacht, speciell anzugeben, theile ich noch zwei Versuchsreihen mit, welche ich mit demselben Apparate und derselben Ausflussöffnung und beweglichen Platte wie oben in der Weise angestellt habe, dass der Luftdruck immer möglichst constant erhalten wurde und das eine Mal einer Wassersäule von 5 Millimetern, das andere Mal von 12 Millimetern entsprach. In der ersten Column ist die successive, in der Regel um 0,1 Pariser Linie vermehrte Plattendistanz auf Millimeter reducirt, angegeben. In der zweiten Column habe ich, um Raum zu sparen, mit Weglassung der Schwingungszahlen, bloß die musikalischen Zeichen für die beobachteten Töne beigesetzt.

Tabelle III.

Luftdruck = 5 Mm. Wasserdichte
Radius der Öffnungen = 4 Mm.

Mm.	Ton.	Mm.	Ton.
3,4	g^3	8,3	$f^3 -$
3,6	g^3	8,6	$e^3 +$
3,8	g^3	8,8	e^3
4,1	f^3	9,0	$e^3 -$
4,3	$f^3 u. cis^4$	9,2	$e^3 -$
4,5	$c^4 -$	9,5	dis^3
4,7	h^3	9,7	dis^3
5,0	b^3	9,9	$d^3 +$
5,2	b^3	10,1	$d^3 -$
5,4	$a^3 +$	10,4	cis^3
5,6	a^3	10,6	cis^2
5,9	$a^3 -$	10,8	c^3
6,1	$gis^3 +$	11,0	c^3
6,3	gis^3	11,3	c^3
6,5	g^3	11,5	h^3
6,8	g^3	11,7	e^3
7,0	g^3	11,9	$e^3 u. e^4$
7,2	$dis^3 +$	12,2	e^3
7,4	dis^3	12,6	$e^3 -$
7,7	$dis^3 -$	13,1	dis^3
7,9	f^3	14,2	d^3
8,1	f^3	14,9	cis^3

Tabelle IV.

Luftdruck = 12 Mm. Wasserdichte
Radius der Öffnungen = 4 Mm.

Mm.	Ton.	Mm.	Ton.
2,3	b^4	7,4	d^4
2,5	gis^4	7,7	$d^4 -$
2,7	a^4	7,9	$cis^4 +$
2,9	g^4	8,1	$cis^4 -$
3,1	dis^4		
3,4	$e^4 u. cis^4$		
3,8	$c^4 +$		
4,1	c^4		
4,3	$c^4 -$		
4,5	h^3		
4,7	b^3		
5,0	a^3		
5,2	$gis^3 -$		
5,4	g^3		
5,6	$dis^3 +$		
5,9	f^3		
6,1	f^3		
6,3	cis^3		
6,5	$dis^3 +$		
6,8	dis^3		
7,0	$dis^3 -$		
7,2	$dis^3 +$		
7,4	dis^3		
7,7	$dis^3 -$		
7,9	f^3		
8,1	$dis^3 -$		

Aus diesen beiden Tabellen ist zunächst zu ersehen, wie der Ton allmälig tiefer wird, wenn der Abstand der Platte, gegen welche der Luftstrom stößt, zunimmt, wie aber bei gewissen Distanzen der Ton plötzlich einen Sprung macht, hierauf aber wieder in derselben Weise wie vorher tiefer wird; so geht z. B. in der Tabelle III. bei einer Plattendistanz von 4,3 Millimeter der Ton von f^8 in cis^4 , bei 11,5 bis 11,7 Millimeter von h^3 in e^3 über; desgleichen in Tabelle IV. bei der Distanz 3,4 Millimeter von e^4 in cis^4 . Vergleicht man ferner das Schwingungsverhältniss von zwei Tönen, zwischen welchen kein solcher Sprung vorkommt, mit dem Verhältnis ihrer Plattendistanzen, so sieht man, dass beide Zahlen in einigen Fällen übereinstimmen, oft einander ziemlich nahe kommen. Aus der Tabelle III. ergeben sich Verhältnisse der Plattendistanzen, welche meistens gröfser als die Schwingungsverhältnisse der Intervalle sind, dagegen stimmen die sich aus Tabelle IV. ergebenden Werthe viel besser überein. Um diese Vergleichung zu erleichtern, stelle ich in der folgenden Tabelle V. für die in den letzten beiden Beobachtungsreihen enthaltenen Intervalle die Vergleichung an. In der 1sten Column ist das Intervall der verglichenen Töne, in der 2ten das Schwingungsverhältnis desselben nach der gleichschwebenden Temperatur, in der 3ten die verglichenen Töne selbst, in der 4ten die denselben entsprechenden Plattendistanzen, und in der 5ten deren Quotient angegeben. Da die 0,1 Millimeter in den beobachteten Plattendistanzen nicht einmal ganz genau sind, so habe ich die Quotienten derselben blofs bis zur 2ten Decimalstelle ausgerechnet, und das Schwingungsverhältnis in der 2ten Columnne auch blofs bis auf 2 Decimalstellen genau angegeben. In der ersten Abtheilung der Tabelle Va. sind die in Tabelle III., in der 2ten Abtheilung Vb. die in Tabelle V. enthaltenen Beobachtungen verglichen.

0,1	1,1 : 1,0	0,6, 1	0,6, 1
11,1	6,1 : 6,0	11,1	11,1
11,1	6,1 : 6,0	11,1	11,1
11,1	6,1 : 6,0	11,1	11,1

Tabelle Va.

Intervalle der verglichenen Töne.	Schwingungsverhältnis.	Beobachtete Töne.	Abstand der Platten.	Verhältnis der Abstände.
Kleine Sekunde	1,06	$b^3 : h^3$	5,0 : 4,7	1,06
		$g^3 : gis^3$	6,8 : 6,3	1,08
Große Sekunde	1,12	$f^3 : g^3$	4,1 : 3,6	1,14
		$a^3 : h^3$	5,6 : 4,7	1,19
		$g^3 : a^3$	6,8 : 5,6	1,21
		$cis^3 : dis^3$	14,9 : 13,1	1,14
Kleine Terz	1,19	$a^3 : c^4$	5,6 : 4,5	1,24
		$g^3 : b^3$	6,8 : 5,2	1,31
Große Terz	1,26	$g^3 : h^3$	6,8 : 4,7	1,44
		$c^3 : e^3$	11,0 : 8,8	1,25
Reine Quart	1,33	$fas^3 : h^3$	7,4 : 4,7	1,57
		$f^3 : b^3$	7,9 : 5,2	1,52
		$e^3 : a^3$	8,8 : 5,6	1,57
Reine Quint.	1,50	$e^3 : h^3$	8,8 : 4,7	1,87
		$d^3 : a^3$	9,9 : 5,6	1,76
		$h^3 : fas^3$	11,5 : 7,4	1,55
Große Sext	1,68	$es^3 : c^4$	9,7 : 4,5	2,15
		$d^3 : h^3$	9,9 : 4,7	2,11
Große Septime	1,89	$des^3 : c^4$	10,4 : 4,5	2,31
		$c^3 : h^3$	11,0 : 4,7	2,34
Octave	2,00	$h^3 : ais^3$	11,5 : 5,2	2,21
		$c^3 : c^4$	11,0 : 4,5	2,44
		$h^3 : h^3$	11,5 : 4,7	2,44

Tabelle Vb.

Intervalle der Töne.	Schwingungsverhältnis.	Beobachtete Töne.	Abstand der Platten.	Verhältnis der Abstände.
Kleine Sekunde	1,26	$fas^4 : g^4$	3,1 : 2,9	1,07
Große Sekunde	1,12	$b^3 : c^4$	4,7 : 4,1	1,14
		$a^3 : h^3$	5,0 : 4,5	1,11
		$f^3 : g^3$	6,1 : 5,4	1,13
		$d^4 : e^4$	7,4 : 6,8	1,09
Kleine Terz	1,19	$a^3 : c^4$	5,0 : 4,1	1,22
		$g^3 : b^3$	5,4 : 4,7	1,15
Große Terz	1,26	$g^3 : h^3$	5,4 : 4,5	1,20
		$f^3 : a^3$	6,1 : 5,0	1,22
Reine Quart	1,33	$g^3 : c^4$	5,4 : 4,1	1,32
		$f^3 : h^3$	6,1 : 4,5	1,33
Reine Quint	1,50	$f^3 : c^4$	6,1 : 4,1	1,50
		$e^3 : h^3$	6,5 : 4,5	1,44
Kleine Septime.	1,59	$e^3 : c^4$	6,5 : 4,1	1,59

9. Aufser dem Luftdruck, unter welchem der Luftstrom ausfließt, und der Distanz der gestoßnen Platte hat noch die Gröfse und die Gestalt der Ausflussoffnung Einfluss auf die Höhe des Tones. Dass wenn die Ausflussoffnung ebenso wie die Oeffnung in der beweglichen Platte, gegen deren Ränder der Luftstrom stößt, größer ist, tiefere Töne entstehen, ist unverkennbar; doch bin ich bis jetzt über die Abhängigkeit der Tonhöhe von der Gröfse und Gestalt jener Oeffnungen noch zu keinem bestimmten Resultate gelangt; es scheint mir aber nach den bis jetzt angestellten Versuchen, dass der Einfluss der Gröfse und Gestalt der Oeffnungen nur ein secundärer ist, da ich mit verschiedenen Oeffnungen unter übrigens gleichen Umständen auch dieselben Töne erhalten habe. Wenn die Ausflussoffnung größer ist, so nimmt, wie später ausführlicher angegeben werden wird, die unterhalb der Oeffnung befindliche Luft leichter und entschiedener an den Schwingungen Theil, und dadurch entstehen tiefere Töne.

(Schluss im nächsten Heft.)

VII. Ueber zwei merkwürdige Pseudomorphosen von Kalkspath und Eisenglanz; von G. Rose.

I. Pseudomorphose von Kalkspath nach Aragonit.

Pseudomorphosen von Kalkspath nach Aragonit beschrieb zuerst Mitscherlich¹⁾). Er beobachtete unter den von ihm vom Vesuv mitgebrachten Mineralien einen etwa 1 Zoll langen in einer Höhlung der Lava aufgewachsenen Aragonit-Krystall, der an der Oberfläche in Kalkspath umgeändert, im Innern aber noch unverändert war, denn kleine Stücke von den Innern zerfielen noch bei der Erhitzung im Glaskolben, während dies bei der Erhitzung der Hülle nicht stattfand, in der man überdies deutliche Kalkspathrhomböeder erkennen konnte.

1) Poggendorff's Annalen 1831, Bd. 21, S. 157.

Diese von Mitscherlich beobachtete Erscheinung wurde später mehrfach und in viel gröfserem Maafsstabe von Haidinger beobachtet. Er sah sie zuerst an stängligem Aragonit, der die Höhlungen ausfüllte, welche in dem Basalttuff von Schläckenwerth durch das Vermodern darin eingeschlossener Baumstämme entstanden waren ¹⁾, und darauf besonders an gröfseren in sechsseitigen Prismen krystallirten Krystallen von Aragonit, die in Herrengreund bei Neusohl in Ungarn von einzelnen blauen Strontspathkrystallen bedeckt vorkommen ²⁾. Die ersteren sind excentrisch-stänglich und in den Höhlungen der gröfseren Baumstämme oft recht dick und grofsständig; jedes stängliche Individuum besteht aber aus körnigen Stücken von Kalkspath, und nur bei den gröfseren findet man im Innern einen durchsichtigen Kern von Aragonit. — Die Aragonitkrystalle von Herrengreund haben die Gestalt von grossen bis 3 Zoll langen und breiten sechsseitigen Prismen, bei denen oft noch ein einspringender Winkel an den Längenkanten die Zwillingsbildung verräth, die aber an der Oberfläche mit einer ziemlich gleichförmigen bis 2 Linien dicken Rinde von kleinen Kalkspathkrystallen von der Form des gewöhnlich vorkommenden Skalenoëders in Combination mit dem Hauptrhomboëder bedeckt sind, unter welchen gewöhnlich die Masse des Aragonits verschwunden und zu körnigem Kalkspath geworden ist. Die Begränzung der äuferen und inneren Masse ist auf der Bruchfläche zuweilen deutlich durch eine Linie getrennt, wie dies auch bei andern Pseudomorphosen beobachtet wird; bei manchen Stücken fehlt auch ein Theil des Innern gänzlich, die Krystalldecke ist hineingefallen, und es ist nur ein allgemeiner Umriss der früheren Aragonitkrystalle übrig geblieben; zuweilen nimmt man jedoch auch den frischen Aragonit wahr, besonders wo die Krystalle kleiner und fest mit dem Nebengestein verwachsen sind.

1) A. a. O. 1837, Bd. 42, S. 353.

3) Abhandlungen der Kgl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften.

Prag 1841.

Eine der Herrengrunder ähnliche, doch in ihrer Art noch viel merkwürdigere Pseudomorphose beobachtete ich schon vor mehreren Jahren an einem grossen Krystall des hiesigen königlichen mineralogischen Museums, der früher in der in dieses übergegangenen Sammlung des Dr. Tannau enthalten war. Diese Pseudomorphose ist dadurch bemerkenswerth, daß der umgeänderte Aragonitkrystall auf der Oberfläche aus Kalkspatkristallen besteht, die nicht allein in ihrer Form deutlich erkennbar sind, sondern auch eine untereinander und gegen den früheren Aragonitkrystall ganz bestimmte Lage haben.

Die Pseudomorphose stellte ursprünglich eine regelmässige Verwachung von 3 Aragonitkrystallen nach dem bei dem Aragonite gewöhnlich vorkommenden Gesetze dar. Die Formen der einfachen Krystalle des Drillings sind Combinationen des verticalen Prisma von $116^\circ 16'$ mit der geraden Endfläche; der Drilling bildet daher ein sechseckiges Prisma mit 6 Seitenkanten von $116^\circ 16'$, an welchen sich an 2 gegenüberliegenden Seitenflächen der Länge nach 2 einspringende Winkel von $168^\circ 48'$ finden. Die Länge des Prisma beträgt an einem Krystalle, der besonders gut ausgebildet ist, 2,7 Preufs. Zoll, die Breite zwischen 2 gegenüberliegenden Seitenkanten 2,9 Zoll. Seiten- und Endflächen sind nun ganz rauh von aufsitzenden Kalkspatkristallen in der Form des gewöhnlichen Skalenoöders ($a : \frac{1}{2}a : \frac{1}{3}a : c$), die wiederum meistens Zwillingskrystalle nach dem Gesetze sind, daß die Zwillingsgränze eine Fläche ist, die senkrecht auf der Endkante von $104^\circ 38'$ steht. Diese Kante, die 2 bis 3 Linien lang ist, liegt in den drei Individuen des Aragonits parallel der längeren Diagonale ihrer Endfläche, und ist also wie die Endfläche des Aragonits horizontal, während auf den Seitenflächen der Pseudomorphose die Lage der Skalenoöder der der Endfläche entsprechend, und eine stumpfe Endkante, die schief läuft, nach außen gekehrt ist¹). Die Gränze zwi-

1) Die Lage der Zwillingskrystalle des Kalkspats ist in der horizontalen Projection Fig. 16 Taf. II. angegedeutet, wobei g die Flächen der verticalen

schen den 3 Krystallen läuft, wie dies bei Zwillingskry-
stallen so häufig der Fall ist, ganz unregelmäfsig, ist aber
durch die Lage der einzelnen Kalkspathskalenoëder ganz
bestimmt zu verfolgen.

Während die Aufenseite der Pseudomorphose auf diese
Weise durch die bedeckenden Krystalle rauh ist, ist das
Innere versteckt blättrig, die Gränzen der Individuen sind
daher hier nicht mehr deutlich zu verfolgen; indessen sieht
man doch, dass die Spaltungsflächen der bedeckenden Kry-
stalle den Spaltungsflächen im Innern parallel gehen, daher
der ganze Krystall Kalkspath ist. Eine Verschiedenheit
der Masse zeigt sich gar nicht; Risse durchsetzen aber
den ganzen Krystall, sie geben auf der unteren Bruchfläche
von dem Mittelpunkte in ungefähr radialer Richtung aus,
und an einer Seite parallel den Kanten mit den Seiten-
flächen, da hier bei dem ursprünglichen Aragonitkrystalle
noch ein zweiter kleinerer Aragonit in nicht ganz paralleler
Richtung angewachsen ist. Andere Risse durchsetzen die
Seitenflächen, und gehen den Kanten mit den Endflächen
mehr oder weniger parallel. Diese Risse sind erklärlich,
da die ganze Masse des Aragonits bei ihrer Umänderung
in Kalkspath, wegen des geringeren specifischen Gewichtes
des Kalkspaths, sich ausdehnen musste, es ist nur zu ver-
wundern, dass dabei sich noch die Form des Aragonits er-
halten hat, und derselbe nicht, wie bei seinem Erhitzen
über der Spirituslampe geschieht, in Pulver zerfallen ist;
daher gewiss auch diese Umänderung nur sehr langsam vor
sich gegangen ist.

Als Fundort dieser merkwürdigen Pseudomorphose fand
sich auf dem dabei liegenden Zettel Thorda in Siebenbür-
gen ohne weitere Bemerkungen. Da ich über diesen Fund-
ort nichts Näheres erfahren konnte, und auch mein Freund

Präsmen, c die Endfläche der 3 Aragonitkrystalle und x die schärfsten
Endkanten eines Skalenoëder-Zwillings sind. Fig. 17 Taf. II stellt einen
solchen Zwillingskrystall in horizontaler Projection auf die Endfläche des
Aragonits dar, wobei x die schärfsten, y die stumpferen Endkanten und
z die Seitenkanten sind.

Haidinger, an den ich mich deshalb wandte, mir versicherte, dass sich in den Wiener Sammlungen kein Kalkspath oder Aragonit von Thorda finde, so zweifelte ich an der Richtigkeit der Angabe, und diese Zweifel wurden noch vermehrt, als später das königl. mineralogische Museum in Berlin von dem Mineralienhändler Augustin eine grosse Druse mit ganz ähnlichen und zum Theil noch grösseren Pseudomorphosen erhielt, die angeblich aus der Schweiz stammen sollte. Die Pseudomorphose besteht ebenfalls aus einer Zusammenhäufung von lauter kleinen Kalkspatkristallen, die jedoch kleiner, auch nur stellenweise regelmässig gruppirt, und auf der Endfläche auch stellenweise eingesunken sind, so dass das Gesetz der Gruppirung hieraus nicht würde haben entwickelt werden können.

Die ungefähre Richtigkeit der ersten Angabe ergab sich aber, als ich die Mineraliensammlung des Hrn. Apotheker Herz hieselbst vor ihrem Abgange nach der Universität Marburg genau durchzugehen veranlasst wurde. Hier sah ich ebenfalls eine solche Pseudomorphose, wie die beschriebene, die zwar kleiner, aber doch sehr regelmässig war, und bei dem außerdem ein Zettel lag, auf welchem als Fundort die Emericus-Grube in Siebenbürgen mit der Bemerkung lag: *vergl. Fichtel's Reise in den Karpathen*¹⁾ S. 108. Hier heisst es aber: »Merkwürdig sind noch die grossen vollkommen sechsseitigen Kalksäulen, so in dieser Emericus-Grube (zu Offenbanya) vor einigen Jahren eingebrochen sind. Auf ihrer Oberfläche sieht man deutlich, dass sie aus kleinen Rhomben, die in einer gewissen Richtung glänzen, zusammengesetzt sind; zerschlägt man aber die Säule, so zeigt sich derber Kalkstein, der kaum etwas spathartiges an sich hat. Es giebt dergleichen Säulen, die einen Schuh in der Höhe, und einen halben im Durchmesser messen; sie fallen aber auch bis auf 2 Zoll in der Höhe und bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll in der Dicke herab. Gewöhnlich sind an die grossen Säulen kleine angewachsen; oft ist aber auch eine ganze Gruppe von gleich grossen drusenartig

1) Wien, 1791.

beisammen, die sich bisweilen in einer schießen Richtung durchkreuzen.“

Diese Beschreibung passt vollkommen zu der eben von mir gegebenen Beschreibung, und da Thörla ganz in der Nähe von Offenbanya und der Emericus-Grube liegt, so ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, daß die beschriebene Pseudomorphose von dieser Grube abstammt, und dasselbe ist auch bei der Aehnlichkeit der von dem Mineralienhändler Augustin gekauften Pseudomorphose von dieser anzunehmen.

2. Pseudomorphose von Eisenglanz nach Kalkspath.

Pseudomorphosen von Eisenglanz nach Kalkspath kommen häufig vor, und sind in Blum's Pseudomorphosen S. 278, so wie auch in dem zweiten Nachtrage S. 114 beschrieben; sie kommen sogar auch zu Thoste unfern Semur im Depart. *Côte d'or* in der Form von Muscheln (*Unio liasinus*?) in einer eisenschüssigen oolithischen Schicht des *Lias* vor¹). Dennoch sind keine solche Pseudomorphosen bekannt, in welchen der gebildete Eisenglanz nicht allein deutlich individualisiert ist, sondern auch die entstandenen Krystalle regelmäsig gruppirt sind. Dergleichen finden sich aber zu Altenberg in Sachsen, wie aus einer Pseudomorphose hervorgeht, die aus der Sammlung des verstorbenen Medicinalraths Bergemann in das biesige Königl. mineralogische Museum gekommen ist. Dieselbe erscheint in der Form eines Zwillingskrystalls des Kalkspaths, dessen Individuen Hauptrhomboëder sind, die so durcheinandergewachsen vorkommen, daß die Hauptachsen beider gemeinschaftlich sind, die Endkanten des einen aber aus den Flächen des anderen herausspringen. Diese Rhomboëder bestehen nun aus lauter 1 bis 2 Linien grossen Eisenglanzrhomboëdern, die in jedem Kalkspathrhomboëder eine untereinander parallele und zwar solche Stellung haben, daß die durch ihre Axe und Endkante gelegte Ebene der entsprechenden Ebene des Kalkspathrhomboëders in welchem sie liegen parallel ist. Da nun das Rhom-

1) Blume, Nachtrag zu den Pseudomorphosen, S. 202.

boëder des Eisenglanzes viel spitzer, als das des Kalkspaths ist (die Neigung der Flächen zur Axe beträgt beim Eisenglanz $32^{\circ} 30'$, beim Kalkspath $45^{\circ} 23'$), so rücken die kleinen Eisenglanzrhomboëder auf der Endkante des Kalkspaths von der Endspitze nach der Seitenecke immer etwas heraus; aber dies geschieht so regelmässig, dass durch die Spitzen der Eisenglanzrhomboëder die früheren Endkanten der Kalkspatrhomboëder¹) hinreichend deutlich bezeichnet werden, um sich durch die Messung mit dem Anlegegoniometer zu überzeugen, dass zwei solche in der Axe gegenüberliegende Endkanten, die also ursprünglich den verschiedenen Individuen des Kalkpathzwillings angehören, wie beim Kalkspath unter dem Winkel von $127\frac{1}{2}$ gegeneinander geneigt sind. Im Innern sieht man von übriggebliebenen Kalkpath nichts, es ist eine dichte Eisenglanzmasse, man kann also auf den früheren Zustand der Pseudomorphose nur aus den Winkeln und der eigenthümlichen Gruppierung der kleinen Eisenglanzkristalle schliessen, die in dieser Art nur bei Pseudomorphosen vorkommt. Die Breite der Pseudomorphose zwischen den Seitenecken beträgt $1\frac{1}{2}$ Zoll.

Kayser erwähnt auch dieses Krystals in seiner Beschreibung der Bergemann'schen Mineraliensammlung²) S. 281. Er sagt hier No. 123: »Ein großer Eisenglanz-zwilling von Altenberg. Die Individuen in der beim Flusspath häufigen Durchwachsung nach der rhomboedrischen Axe, sind in Form des Hauptrhomboëders, dessen Flächen von geschupptem Ansehen durch hervorspringende kleinere Kristalle derselben Form, wodurch die Form der Individuen viel flacher erscheint, als das Rhomboëder von 86° . Dass es aber dieses wirklich ist, geht aus dem Auftreten des gewöhnlichen Dihexäders an seinen Lateralecken hervor, dessen Combinationskante mit diesem Rhomboëder parallel ist der schiefe Diagonale des letzteren.« Die Flächen

1) Vergl. Fig. 18, Taf. II. die einen Hauptschnitt des als einfach gedachten Kalkspatrhomboëders vorstellt.

2) Berlin 1834, in Commission der Nauk'schen Buchhandlung.

dieses Dihexaëders kommen allerdings bei den kleinen Eisenglanzkristallen oft noch ganz deutlich vor, sie beweisen aber nur, dass die kleinen Krystalle Eisenglanz sind, nicht aber, dass die ganze Gruppe, die Form des Eisenglauzes hat.

ін таємні засоби, що дозволили їм зупинити ці військові дії, але зі згодою та підтримкою таємного засобу зупинити ці військові дії, але зі згодою та підтримкою таємного засобу

VIII. Resultate von Messungen an Rutil- und Blei-vitriolkristallen; von Nicolai v. Kokscharow.

(Vom Hrn. Verf. mitgetheilter Auszug aus dessen »Materialien zur Mineralogie von Russland«).

J. Rutil.

Durch die Güte seiner Exc. des Staatsraths Dr. v. Rauch wurde mir ein ausgezeichnet schöner Rutilekrystall zu Theil, welcher, nach der Naumann'schen Methode bezeichnet, die Combination: $P \infty P \infty P \infty$ darstellt. Durch die vollkommene Ausbildung des Krystals, und weil alle vier Flächen der tetragonalen Hauptpyramide glatt und spiegelnd waren, wurde es mir möglich die Winkel dieser Form mit der größten Genauigkeit zu messen. — Folgende sind die von mir erhaltenen Resultate '):

durch Rechnung: wenn man annimmt $a:b:b = 0,64418:1:1$
durch Messung:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{0}_1 : \mathbf{0}_2 &= 123^\circ 7' 40'' \\
 \mathbf{0}_2 : \mathbf{0}_3 &= 123^\circ 7' 20'' \\
 \mathbf{0}_3 : \mathbf{0}_4 &= 123^\circ 8' 0'' \\
 \mathbf{0}_4 : \mathbf{0}_1 &= 123^\circ 7' 30'' \\
 \mathbf{0}_1 : \mathbf{0}_3 &= 123^\circ 7' 25'' \\
 \mathbf{0}_1 : \mathbf{0}_4 &= 123^\circ 7' 40'' \\
 \text{im Mittel} &= 123^\circ 7' 36'' \\
 \mathbf{0}_2 : \mathbf{0}_3 &= 123^\circ 7' 40'' \\
 \mathbf{0}_3 : \mathbf{0}_4 &= 123^\circ 7' 40'' \\
 \mathbf{0}_4 : \mathbf{0}_1 &= 123^\circ 7' 35'' \\
 \end{aligned}
 \quad \left. \right\} \quad \dots \quad 123^\circ 7' 30''$$

1) Hier wird eine jede Fläche der Haupttetragonal-Pyramide o durch eine besondere Zahl bezeichnet werden, d. h. o_1 , o_2 , o_3 und o_4 .

$$\left. \begin{array}{l} 0_1 : 0_3 = 95^\circ 20' 30'' \\ 0_2 : 0_4 = 95^\circ 20' 10'' \end{array} \right\} \dots \quad 95^\circ 19' 58''$$

Diese Messungen sind vermittelst des Mitscherlich'schen Reflexionsgoniometers mit zwei Fernröhren angestellt worden. Zwei sich kreuzende Fäden der einen dieser Röhren dienten als Gegenstand, welcher von den Krystallflächen reflectirt wurde. Aus diesen Messungen ist es ersichtlich, dass ich somit keine, von einigen Mineralogen beim Rutil angenommene Abweichung von den Erfordernissen des tetragonalen Krystallsystems gefunden habe.

Die nachfolgenden Messungen sind an Rutilkristallen des Berginstituts-Museums aus der Nicolajew'schen Goldseife in der Umgegend von Poljakowski am Ural (Fig. 21 u. 22 Taf. II.) angestellt worden, wobei der Mitscherlich'sche Goniometer nur mit einem Fernrohre versehen war, daher sie nicht denselben Grad der Genauigkeit der vorhergehenden Messungen erreichen, obgleich sie auch als sehr gut zu betrachten sind. — Auf diese Art erhielt ich:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Durch Messung:} & \text{durch Rechnung:} \\ o : o = 123^\circ 8' 0'' & 123^\circ 7' 30'' \\ z : t = 138^\circ 17' 0'' \\ \quad 138^\circ 16' 50'' \\ \text{im Mittel} = 138^\circ 16' 55'' \end{array} \right\} \quad 138^\circ 16' 17''$$

$$\left. \begin{array}{ll} z' : t' = 138^\circ 15' 0'' \\ \quad 138^\circ 16' 30'' \\ \text{im Mittel} = 138^\circ 15' 45'' \end{array} \right\}$$

Folglich beträgt der mittlere Werth für den Winkel aus beiden Messungen $138^\circ 16' 20''$.

$$\left. \begin{array}{ll} z : o = 154^\circ 0' 0'' & 154^\circ 0' 36'' \\ z' : t' = 93^\circ 14' 0'' \\ \quad 93^\circ 15' 30'' \\ \text{im Mittel} = 93^\circ 15' 30'' \end{array} \right\} \quad 93^\circ 14' 27''$$

$$\left. \begin{array}{ll} z' : z = 51^\circ 29' 30'' \\ \text{in der Polkanten-} \\ \text{Zone } t = P \infty \\ \text{im Mittel} = 51^\circ 29' 45'' \end{array} \right\} \quad 51^\circ 30' 44''$$

durch Messung:	durch Rechnung:
$t:t = 134^\circ 58' 0''$	
in den Polkanten $134^\circ 57' 30''$	$134^\circ 58' 10''$
im Mittel = $134^\circ 57' 45''$	
$t:t = 114^\circ 25' 0''$	
an der Spitze $114^\circ 25' 40''$	$114^\circ 25' 21''$
$114^\circ 26' 20''$	
$114^\circ 25' 30''$	
im Mittel = $114^\circ 25' 37''$	

Ich habe daher Winkelgrößen erhalten, welche mit der Berechnung, wobei sowohl die von mir als auch von Miller erhaltenen Messungen zum Grunde gelegt waren, sehr gut übereinstimmen.

II. Bleivitriol.

Die grossen Unterschiede in den durch Messung der Winkel des Bleivitriols von verschiedenen Mineralogen erhaltenen Resultaten, beweisen hinlänglich, dass die Winkel dieses Minerals gegenwärtig noch nicht mit gehöriger Schärfe bestimmt sind und noch fernere Untersuchungen erfordern. So gibt W. Kupffer für das horizontale Querprisma *M* den Winkel $76^\circ 22'$, Mohs $76^\circ 49'$, Haüy $76^\circ 12'$, Haidinger $76^\circ 11'$ und endlich Philipp $76^\circ 18'$. Ich meinerseits habe mehrere Messungen an Krystallen des Bleivitriols aus England, vom Ural und aus Italien angestellt und mich bemüht, die durch unmittelbare Messung erhaltenen Winkelgrößen mit den, von Kupffer, Mohs, Haüy, Haidinger und Philipp gegebenen Data berechneten zu vergleichen. Indessen habe ich gefunden, dass die berechneten Winkel nach den Messungen, die ich kürzlich an einem sehr schönen Krystall vom Monte-Poni, Prov. d'Iglesias der Insel Sardinien, aus der Mineraliensammlung des Doctors v. Rauch anzustellen Gelegenheit hatte, mit den durch unmittelbare Messung erhaltenen Winkeln beinahe zusammenfallen. — Folgende sind die von mir erhaltenen Resultate:

Für die Neigung der Flächen des horizontalen Querprisma $M = P\infty$ in den Mittelkanten (an Krystallen von Monte-Poni):

$$\begin{aligned} M : M &= 103^\circ 43' 30'' \\ &= 103^\circ 43' 30'' \\ &= 103^\circ 43' 39'' \end{aligned}$$

im Mittel $= 103^\circ 43' 30''$ (Complement $= 76^\circ 16' 30''$).

Diese Messung ist mit Hülfe des Goniometers von Mitscherlich mit zwei Fernröhren ausgeführt worden. Zwei gekreuzte Fäden von einem dieser Fernröhre, welche von Krystallflächen reflectirt wurden, dienten als Gegenstand. — Da die Flächen des zu messenden Krystalls vollkommen glatt und glänzend waren, die reflectirenden Fäden vollkommen deutlich erschienen und das Instrument selbst mit aller Vorsicht eingestellt war, so glaube ich, dass diese Messung als eine sehr befriedigende angesehen werden kann. — Jede oben angeführte Zahl ist bei besonderer Einstellung des Krystalls am Goniometer erhalten worden.

Für die Neigung der Flächen des horizontalen Längsprisma $t = P\infty$ in den Mittelkanten (desselben Krystalls):

Durch Messung.

$$\begin{aligned} t : t &= 75^\circ 35' 30'' \\ &75^\circ 35' 30'' \\ &75^\circ 35' 30'' \end{aligned}$$

im Mittel $= 75^\circ 35' 30''$

ferner:

$$\begin{aligned} M : t &= 119^\circ 13' 0'' \\ &119^\circ 13' 0'' \end{aligned}$$

im Mittel $= 119^\circ 13' 0''$

$$a : M = 142^\circ 8' 0''$$

Durch Rechnung.

(wenn man annimmt
 $a : b : c = 0,77556 : 1 : 0,60894$,
wo a = Vertical-Axe, b = Makrodia-
gonale und c = Brachydiagonale.)

$$75^\circ 35' 30''$$

$$119^\circ 12' 30''$$

$$142^\circ 8' 6''$$

Diese Messungen wurden ganz wie die vorhergehenden ausgeführt, d. h. mit Hülfe des, mit zwei Fernröhren ausgerüsteten Instruments. — Mir scheint es, dass man diese als ebenfalls genügend betrachten kann, obgleich man der Ersteren den Vorzug geben muss.

Meine übrigen Messungen wurden mit demselben Instrument und an demselben Krystall ausgeführt, aber nur mit *einem* Fernrohre, weil die Flächen der zu messenden Krystalle nicht genug glänzend waren, um ein reflectirendes Bild von zwei gekreuzten Fäden zu erhalten, daher diese letzteren Messungen nicht so genau als die vorhergehenden sind. Indessen nähern sich die von mir erhaltenen Resultate bedeutend den berechneten Winkeln von $M : M = 103^\circ 43' 30''$ und $t : t = 75^\circ 35' 30''$.

Auf diese Weise erhielt ich:

durch Messung:	durch Rechnung:
$d : P = 140^\circ 37'$	$140^\circ 36' 39''$
$d : d = 101^\circ 14'$	$101^\circ 13' 18''$
$s : d = 141^\circ 39'$	$141^\circ 37' 38''$
$s : s = 128^\circ 48'$	$128^\circ 48' 56''$
$s : s = 89^\circ 38'$	$89^\circ 38' 0''$
$s : t = 134^\circ 49'$	$134^\circ 49' 0''$
$a : d = 135^\circ 5'$	$135^\circ 6' 0''$
$a : t = 153^\circ 17'$	$153^\circ 17' 17''$
$a : s = 161^\circ 31'$	$161^\circ 31' 43''$

Zur besseren Erläuterung füge ich die (Fig. 19 und 20 Taf. II eines Krystals des Bleivitriols bei, welchen man kürzlich im Ural gefunden hat und welchen ich näher in meinem Werke beschrieben habe. Dieser Krystall enthält folgende Formen:

$$\begin{array}{ll}
 s = P & x = m \bar{P} \infty \\
 a = \check{P} 2 & t = \check{P} \infty \\
 r = 2 \check{P} 2 & k = 0 P \\
 d = \infty \check{P} 2 & i = \infty \bar{P} \infty \\
 M = \bar{P} \infty & P = \infty \check{P} \infty \\
 c = \frac{1}{2} \bar{P} \infty &
 \end{array}$$

IX. Ueber die Aenderung der Brechbarkeit des Lichts; vom Prof. Stokes.

(*Proceedings of the Roy. Society — Phil. Mag.* 1853 Oct.)

Der Hauptzweck dieses Aufsatzes ist eine Beobachtungsweise zu erläutern, durch welche sich die von opaken

und transparenten Substanzen, selbst gar nicht sehr empfindlichen, hervorgebrachte Brechbarkeitsveränderung mit gewöhnlichem Tageslichte darthun lässt. Die Methode erfordert kaum einen Apparat, ist äußerst leicht auszuführen und hat den großen Vorzug, den Beobachter unabhängig vom Sonnenlicht zu machen. Deshalb glaubt auch der Verf., dass sie von Chemikern zur Unterscheidung verschiedener Substanzen angewandt werden könne. Die Methode ist folgende.

Im Fensterladen eines dunklen Zimmers ist, zur Einführung des Lichts, ein Loch von mehren Zoll im Durchmesser ausgeschnitten und dicht darunter ein kleines, oben geschwärztes Brett am Fensterladen befestigt, welches als Träger der zu untersuchenden Gegenstände und der absorbirenden Media dient. Das Loch wird bedeckt mit einem absorbirenden Medium, welches der Verf. das *Haupt-Absorbens* nennt und so gewählt ist, dass es die schwach leuchtenden Strahlen von hoher Brechbarkeit, so wie die unsichtbaren noch stärker brechbaren Strahlen möglichst durchlässt, dagegen die Strahlen vom gröfseren Theil des sichtbaren Spectrums auffängt. Ein zweites Medium, vom Verf. das *complementare Absorbens* genannt, ist so gewählt, dass es für die Strahlen, welche das erste Medium auffängt, möglichst durchgänglich, und für die Strahlen, welche jenes durchlässt, möglichst opak sey. Der zu untersuchende Gegenstand wird auf das Brett gestellt und durch das zweite Mittel betrachtet. Sind die Media gut gewählt, so erzeugen sie zusammen eine sehr starke Annäherung zur vollkommenen Dunkelheit; und wenn der Gegenstand ungewöhnlich (*unduly*) leuchtend erscheint, so röhrt dies, aller Wahrscheinlichkeit nach, von »Fluorescenz« her. Um zu ermitteln, ob das Leuchten (*illumination*) wirklich von dieser Ursache herkomme, ist es gemeiniglich hinreichend, das *complementare Absorbens* vor dem Auge fortzunehmen und vor das Loch zu halten, wo dann das Leuchten, wenn es wirklich von Fluorescenz herführt, fast ganz verschwindet; wogegen, wenn es herröhrt von zerstreutem (*scattered*) Licht, welches durch beide Media zu gehen vermag, nothwendig bleibt wie es zuvor war. Bei Gegenständen, die nur schwach fluorescirend sind, ist es zuweilen besser, das zweite Medium an seinem Ort zu lassen und ein drittes zu gebrauchen, welches vom Verf. *Uebertragungsmedium* genannt, und abwechselnd in die Bahn der auf das Object einsfallenden

und der von diesem ins Auge gelangenden Strahlen gestellt wird.

Aufser dem Leuchten liefert die der Brechbarkeitsveränderung entsprechende Farbenänderung und die Verschiedenheit der Farben, mit welcher der Gegenstand erscheint, je nachdem das Uebertragungsmedium oder das als Uebertragungsmedium gebrauchte complementare Absorbens vor den Augen oder vor dem Loche gehalten wird, in den meisten Fällen ein leichtes Mittel, die Fluorescenz zu entdecken.

Statt sich auf das absolute Ansehen der Substanz zu verlassen, ist es insgemein besser, sie mit einer als normal angenommenen zu vergleichen. Diese Normalsubstanz muss von der Art seyn, dass sie sichtbare Strahlen von allen Brechbarkeiten leicht zerstreut, dagegen keine Strahlen von einer Brechbarkeit aussendet, wenn sie durch Strahlen von einer anderen influencirt wird. Als solche Normalsubstanz wendet der Verf. eine weisse Porcellantafel an, und legt auf diese, statt unmittelbar auf das geschwärzte Brett, den zu untersuchenden Gegenstand.

Eine andere Beobachtungsweise besteht darin, ein Prisma verbunden mit dem Haupt-Absorbens anzuwenden. Man legt den Gegenstaud auf die Tafel, hält dicht an ihm einen Schlitz in solcher Lage, dass er theils auf den Gegenstand, theils auf die Tafel projicirt gesehen wird, und betrachtet den Schlitz durch ein Prisma. Die Fluorescenz erweist sich dadurch, dass in Gegenden des Spectrums, in welchen, falls Strahlen das Haupt-Absorbens durchdringen, und daher, falls Strahlen von der Tafel zerstreut werden, nichts als Dunkelheit ist, Licht zum Vorschein kommt.

Diese Methoden sind so empfindlich, dass der Verf. selbst an einem ungewöhnlich trüben Tag im Stande war, dadurch die Fluorescenz des weissen Papiers aufzufinden; ja an Substanzen von viel geringerer Fluorescenz lässt sich dieselbe auf gleiche Weise entdecken.

Schliesslich bemerkt der Verf. noch, dass er die Fluorescenz auch bei den Platincyaniden aufgefunden hat, welche Salzklasse demnach den dritten Fall darstellt, wo diese Eigenschaft bei einer chemisch isolirten Substanz auftritt. Der vorliegende Fall eröffnet ein neues Feld, das fluorescirende Licht auf Polarisation zu untersuchen.